



**ANALISA MATA PISAU MESIN PENCACAH SAMPAH
ORGANIK MENGGUNAKAN BAHAN BAJA KARBON ST 41
DENGAN PROSES *HEAT TREATMENT* BERTINGKAT**

SKRIPSI

Di ajukan Sebagai Salah Satu Syarat Dalam Rangka Penyelesaian Studi Untuk
Mencapai Gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Mesin Jenjang Strata Satu
(S1)

Oleh:

MOHAMAD ABDUL JAELANI

NPM 6416500065

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL**

2021

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISA MATA PISAU MESIN PENCACAH SAMPAH
ORGANIK MENGGUNAKAN BAHAN BAJA KARBON ST 41
DENGAN PROSES *HEAT TREATMENT* BERTINGKAT**

NAMA PENULIS : MOHAMAD ABDUL JAELANI

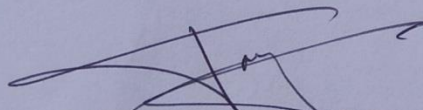
NPM : 6416500065

Telah disetujui oleh Dosen Pengampu untuk dipertahankan dihadapan sidang
Dewan Penguji Skripsi Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal.

Hari :

Tanggal :

Dosen Pembimbing I



M. Fajar Sidiq, ST., M.Eng

NIP. 197908082005011001

Dosen Pembimbing II



Galuh Renggani Wilis, ST., MT

NIPY. 16262561981

HALAMAN PENGESAHAN KELULUSAN UJIAN

Telah dipertahankan dihadapan sidang Dewan Penguji Skripsi Fakultas Teknik
Universitas Pancasakti Tegal.

Hari :

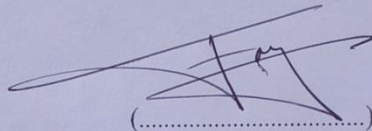
Tanggal :

Anggota Penguji

Penguji I

M. Fajar Sidiq, ST., M. Eng.

NIP. 197908082005011001

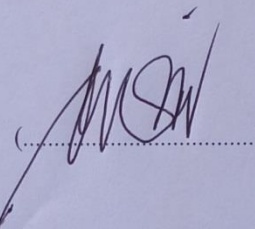


(.....)

Penguji II

Ahmad Farid, ST., MT.

NIPY. 191511101978

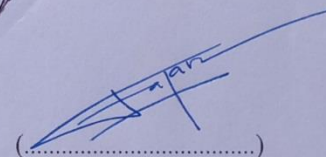


(.....)

Penguji III

M. Fajar Nurwildani, ST., MT.

NIPY. 19856101978



(.....)

Disahkan

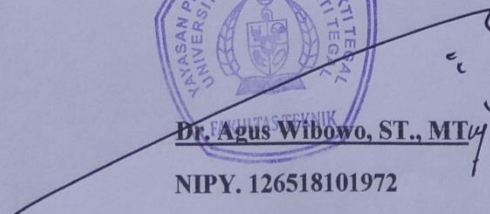
Dekan Fakultas Teknik

Universitas Pancasakti Tegal



Dr. Agus Wibowo, ST., MT.

NIPY. 126518101972



HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini, saya menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Analisa Mata Pisau Mesin Pencacah Sampah Organik Menggunakan Bahan Baja Karbon St 41 Dengan Proses *Heat Treatment* Bertingkat” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya sendiri dan saya tidak akan melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat, atas pernyataan ini saya siap menanggung resiko atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila dikemudian hari adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya sendiri.

Tegal,2021

Yang membuat pernyataan



Mohamad Abdul Jaelani

NPM. 6416500065

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

1. “Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan” (Q.S Al-Insyirah : 5-6)
2. “Jika kita letih karena kebaikan, maka sesungguhnya kelelahan itu akan hilang dan kebaikan akan kekal” (Umar Bin Khattab)
3. “Kegagalan terjadi karena terlalu banyak berencana tapi sedikit berpikir dan bertindak.”
4. “Selalu ada harapan bagi orang yang berdo’a dan selalu ada jalan bagi orang yang berusaha”

PERSEMBAHAN

Skripsi ini dipersembahkan untuk :

1. Yang utama dan yang paling utama, sembah sujud serta puji syukur kepada Allah SWT, Atas rahmat dan nikmatnya sehingga diberikan kemudahan dalam menyusun Skripsi yang sederhana ini dapat terselesaikan. Sholawat dan salam selalu terlimpahkan keharibaan Rasulullah Muhammad SAW.
2. Bapak (Khaerudin), Ibu (Daremi) yang selalu mendoakan, memberikan dukungan baik moral maupun materi. Ucapan beribu terima kasihku tak akan cukup untuk membalas itu semua.
3. Seluruh keluarga besar penulis yang memberikan dukungan moral dan motivasi sehingga mampu membuat penulis semangat dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak M. Fajar Sidiq, S.T.,M.Eng. Dan Ibu Galuh Renggani Wilis, S.T.,M.T., terima kasih atas segala bantuan, bimbingan dan motivasi.
5. Untuk orang yang selalu direpotkan saat menyelesaikan skripsi ini Hendra Prasetyo Dan Hidayat Fatulloh ST.
6. Teman dan sahabat yang selalu berbagi tawa dan rezeki walau hampir gila.
7. Untuk orang-orang yang selalu bertanya “kapan aku di wisuda”

ABSTRAK

MOHAMAD ABDUL JAELANI. 2021 “**ANALISA MATA PISAU MESIN PENCACAH SAMPAH ORGANIK MENGGUNAKAN BAHAN BAJA KARBON ST 41 DENGAN PROSES *HEAT TREATMENT* BERTINGKAT**” Laporan Skripsi Teknik Mesin, Universitas Pancasakti Tegal 2021.

Dalam kehidupan sehari-hari sampah merupakan benda yang dianggap sebagai barang yang tidak berguna, kotor dan menjijikan. Dalam mengatasi sebuah permasalahan pencemaran akibat keberadaan sampah, diperlukan pengolahan dan penanganan sampah yang tentunya bisa bermanfaat untuk kita semua salah satunya adalah pengomposan. Dalam kemajuan bidang perindustrian tidak dapat dipisahkan dari perkembangan industri pisau atau pandai besi besar maupun kecil. Pada industri pembuatan pisau atau pandai besi sendiri mengalami beberapa permasalahan, diantaranya banyak konsumen yang mengeluhkan hasil ketajaman dan kekuatan dari pisau yang diproduksi. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi ketajaman dan kekuatan pisau, diantaranya adalah media pendinginan pada saat proses perlakuan panas (*Heat Treatment*).

Metode penelitian yang digunakan dalam metode eksperimen penelitian dengan menggunakan bahan baja ST 41. Proses *pack carburizing* menggunakan serbuk arang batok kelapa pada suhu 875°C dengan media *quenching* air garam terhadap uji kekerasan dan uji keausan bahan.

Nilai rata-rata dari pengujian kekerasan tertinggi terdapat pada pengujian *carburising* dan hardening memiliki kekerasan dengan nilai sebesar 599,7 kg/mm². Dan pengujian keausan tertinggi terdapat pada pengujian *carburising*, hardening dan *tempering* yaitu 0,000146 mm³/kg.m.

Kata Kunci: Baja ST 41, *Heat Treatment*, Uji Kekerasan, Uji Keausan

ABSTRACT

MOHAMAD ABDUL JAELANI. 2021 "ANALYSIS OF ORGANIC WASTE CHARMING MACHINE USING ST 41 CARBON STEEL MATERIALS WITH LEVEL HEAT TREATMENT PROCESS" Thesis Report of Mechanical Engineering, University Pancasakti Tegal 2021.

So far, waste has always been regarded as useless and disgusting goods. To solve the problem of pollution due to the presence of waste, one of which is composting and handling. The waste chopping machine is a tool that functions to facilitate chopping in accelerating the process of making organic waste into compost. In the industrial sector progress cannot be separated from the development of the knife industry or large and small blacksmiths. In the knife-making industry or blacksmiths themselves, they experience several problems, including many consumers who complain about the sharpness and strength of the knives that are produced. There are several factors that affect the sharpness and strength of the blades, including the cooling medium during the heat treatment process.

The research method used is an experimental research method using ST 41 steel material. The pack carburizing process uses coconut shell charcoal powder at a temperature of 875 °C with salt water quenching media against the hardness test and the material wear test.

The average value of the highest hardness testing is found in the carburising test and hardening has a hardness with a value of 599.7 kg / mm². And the highest wear testing was found in the carburising, hardening and tempering tests, namely 0.000146 mm³ / kg.m.

Keywords: *Steel ST 41, heat treatment, hardness test, wear test.*

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmatt dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Analisa Mata Pisau Mesin Pencacah Sampah Organik Menggunakan Bahan Baja Karbon ST 41 Dengan Proses *Heat Treatment* Bertingkat.” Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat dalam rangka menyelesaikan studi strata 1 Program Studi Teknik Mesin.

Dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Agus Wibowo, S.T., M.T. Dekan Fakultas Teknik Universitas Tegal yang telah memberikan izin kepada penulis untuk menyusun skripsi ini.
2. M. Fajar Sidiq, S.T., M.Eng. sebagai dosen pembimbing I yang selalu meluangkan waktunya dalam memberikan bimbingan, saran dan kesabarannya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Galuh Renggani Wilis, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing II yang selalu meluangkan waktunya dalam memberikan bimbingan, saran dan kesabarannya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
4. Galuh Renggani Wilis, S.T., M.T. sebagai dosen wali yang dengan sabar telah membimbing dan memberikan wawasan kepada penulis selama kuliah dan menjadi mahasiswa teknik.
5. Seluruh dosen dan staf tata usaha Fakultas Teknik yang telah memberikan ilmunya dan membantu selama menyusun skripsi ini.
6. Ayah dan Ibu penulis yang telah memberikan motivasi dan dukungan baik secara moril maupun materil.
7. Seluruh keluarga besar penulis yang selalu memberikan semangat dalam penyusunan skripsi ini.
8. Semua pihak yang secara langsung dan tidak langsung memberikan motivasi dan semangat kepada penulis.

Semoga segala bantuan yang telah diberikan kepada penulis bisa mendapatkan balasan dari Allah SWT.

Dalam menyusun skripsi ini penulis menyadari bahwa masih jauh dari kata sempurna. Maka dari itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk memperbaiki skripsi ini supaya lebih baik.

Dan penulis berharap semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi semua kalangan.

Tegal,

Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL	i
PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN UJIAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Batasan Masalah.....	2
C. Rumusan Masalah	3
D. Tujuan Dan Manfaat Penelitian.....	3
E. Sistematika Penelitian	4
BAB II. LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Landasan Teori.....	6
1. Karakteristik Baja ST 41	6
2. Diagram Fasa Fe ₃ C.....	7
3. Mata Pisau	8
4. Pengujian Kekerasan	8

5. Pengujian Keausan	11
6. <i>Heat Treatment</i>	16
7. <i>Pack Carburising</i>	16
8. Serbuk Arang Batok Kelapa	17
9. <i>Quenching</i> (Pencelupan).....	17
10. Hardening	18
11. <i>Tempering</i>	18
B. Tinjauan Pustaka	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
A. Metode Penelitian.....	22
B. Waktu dan Tempat Penelitian	22
C. Variabel Penelitian	23
D. Metode Pengumpulan Data	24
E. Instrumen Penelitian Dan Desain Pengujian	24
F. Proses Pembuatan.....	26
G. Metode Analisis Data	27
H. Diagram Alur Penelitian.....	34
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	35
A. Hasil Penelitian	35
1. Hasil Uji Komposisi Raw Material	35
2. Hasil Pengujian Kekerasan	39
3. Hasil Pengujian Keausan.....	42
B. Pembahasan	49
BAB V PENUTUP	50
A. Kesimpulan.....	50
B. Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	52

LAMPIRAN.....	53
----------------------	-----------

DARTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian.....	23
Tabel 3.2 Rencana Hasil Pengujian Kekerasan.....	32
Tabel 3.3 Rencana Hasil Pengujian Keausan.....	33
Tabel 4.1 Komposisi Kimia Material Baja ST 41	36
Tabel 4.2 Komposisi Kimia Material Baja ST 41 Variasi <i>Carburising</i>	37
Tabel 4.3 Komposisi Kimia <i>Carburising</i> Dan Hardening	38
Tabel 4.4 Komposisi Kimia <i>Carburising</i> , Hardening Dan Tempering.....	39
Tabel 4.5 Hasil Uji Kekerasan	40
Tabel 4.6 Hasil Uji Keausan	43

DARTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Fasa Fe_3C	7
Gambar 2.2 Desain Alat Mesin Pencacah.....	8
Gambar 2.3 Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	10
Gambar 2.4 Alat Untuk Uji Kekerasan <i>Vickers</i>	11
Gambar 2.5 Pengujian Keausan Dengan Metode <i>Ogoshi</i>	12
Gambar 2.6 Alat Untuk Uji Keausan Dengan Metode <i>Ogoshi</i>	13
Gambar 2.7 Keausan Metode <i>Adhesive</i>	14
Gambar 2.8 Keausan Metode <i>Abasive</i>	14
Gambar 2.9 Memberikan Skematis Keausan Lelah.....	15
Gambar 2.10 Keausan Oksidasi / Korosif (<i>Corrosive Wear</i>)	16
Gambar 3.1 Desain Untuk Spesimen Uji Kekerasan	25
Gambar 3.2 Desain Untuk Spesimen Uji Keausan	26
Gambar 3.3 Desain Mata Pisau Mesin Pencacah Sampah Organik.....	27
Gambar 3.4 Desain Spinner Mesin Pencacah Sampah Organik	28
Gambar 3.5 Desain Mesin Pencacah Sampah Organik (Tanpa rangkaian)	28
Gambar 3.6 Desain Mesin Pencacah Sampah Organik (Tampak Depan)	29
Gambar 3.7 Desain Mesin Pencacah Sampah Organik.....	29
Gambar 3.8 Mata Pisau Mesin Pencacah Sampah Organik.....	30
Gambar 3.9 Spinner Mesin Pencacah Sampah Organik	30
Gambar 3.10 Mesin Pencacah Sampah Organik.....	31

Gambar 3.11 Diagram Alir Penelitian	34
---	----

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam kehidupan sehari-hari, sampah merupakan benda yang tidak berguna, kotor dan menjijikkan. Jika sampah terus ada, lama kelamaan sampah akan menumpuk dan menimbulkan masalah besar bagi manusia dan lingkungan sekitarnya. Sampah bahkan sudah menjadi masalah dunia. Oleh karena itu, sekalipun manusia sendirilah yang membuat segalanya, tidak mengherankan jika ruang gerak manusia terhalang olehnya. Saat ini banyak masalah lingkungan yang dihadapi, salah satunya adalah pembuangan limbah, walaupun banyak cara untuk mengatasi masalah tersebut, yaitu melalui pengomposan. Hal tersebut dapat mengurangi permasalahan sampah yang sudah ada disekitar kita.

Dengan kemajuan teknologi seperti sekarang ini mulai dikembangkan alternatif dalam menangani sampah ini. Dalam menangani sebuah permasalahan akibat keberadaan sampah yang tentunya mengganggu ruang gerak kita diperlukan pengolahan dengan cara pengomposan. Sehingga untuk mempermudah kita diperlukan alat untuk mencacah sampah tersebut menjadi serpihan kecil guna mempercepat proses pengomposan.

Dilihat dari hasil pengerasan baja dalam perkembangan industri pisau atau pandai besi, kami dapat meningkatkan permintaan konsumen. Dalam proses penggunaan baja untuk membuat pisau, kita dapat mencoba untuk mengurangi permasalahan yang ada saat menggunakan baja ringan untuk

membuat pisau. Dalam industri pisau atau pandai besi sendiri, mereka menemui beberapa kendala, diantaranya banyak konsumen yang mengeluhkan ketajaman dan kekuatan pisau yang dihasilkan. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi ketajaman dan kekuatan mata pisau, diantaranya adalah media pendingin selama perlakuan panas. Dasar dari penelitian ini adalah memperbaiki sifat fisik dan mekanik pisau. Solusi untuk masalah ini adalah dengan menggunakan media pendingin yang berbeda untuk perlakuan panas. Media yang digunakan oleh industri pisau atau pandai besi biasa menggunakan air murni atau campuran apapun. Dengan menggunakan arang cair sebagai pengganti media quenching diharapkan dapat meningkatkan ketajaman dan kekuatan bilah yang terbuat dari baja karbon ST 41. (Scharfstein & Gaurf, 2013)

Dari latar belakang diatas penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul “ANALISA MATA PISAU MESIN PENCACAH SAMPAH ORGANIK MENGGUNAKAN BAHAN BAJA KARBON ST 41 DENGAN PROSES *HEAT TREATMENT* BERTINGKAT”

B. Batasan Masalah

Agar penelitian tidak menyimpang dari sebuah permasalahan yang akan diteliti, maka pada penelitian ini akan membatasi sebuah permasalahan sebagai berikut :

1. Bahan yang akan digunakan menggunakan baja karbon ST 41.
2. Variasi yang akan digunakan menggunakan media *quenching* air garam.

3. Pengujian yang akan dilakukan uji kekerasan dan uji keausan.
4. Menggunakan uji kekerasan *vickers*.
5. Menggunakan uji keausan *ogoshi*.
6. Produk yang dituju pada penelitian ini adalah mata pisau.
7. Proses *heat treatment* bertingkat meliputi *carburising*, *hardening* dan *tempering*.
8. Proses *carburising* dengan campuran serbuk arang batok kelapa menggunakan suhu 875°C .
9. Waktu penahanan proses *heat treatment* bertingkat selama 45 menit.

C. Rumus Masalah

Dari latar belakang dan batasan masalah, maka penulis merumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh pada proses *carburising* dengan menggunakan serbuk arang batok kelapa, *hardening* pada suhu 875°C dengan media *quenching* air garam dan *tempering* terhadap uji kekerasan bahan ST 41?
2. Bagaimana pengaruh pada proses *carburising* dengan menggunakan serbuk arang batok kelapa, *hardening* pada suhu 875°C dengan media *quenching* air garam dan *tempering* terhadap uji keausan bahan ST 41?

D. Tujuan Dan Manfaat Penelitian

1. Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a) Untuk mengetahui nilai kekerasan pada material baja karbon ST 41 dengan proses *carburising* menggunakan serbuk arang batok kelapa

pada suhu 875°C dengan media *quenching* air garam terhadap uji kekerasan.

- b) Untuk mengetahui nilai kekerasan pada material baja karbon ST 41 dengan proses *carburising* menggunakan serbuk arang batok kelapa pada suhu 875°C dengan media *quenching* air garam terhadap uji keausan.

2. Manfaat penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a) Memberikan gambaran pada mahasiswa tentang pengaruh kekuatan pada material bahan baja karbon ST 41 terhadap media *quenching* air garam.
- b) Memberikan gambaran pada mahasiswa tentang pengaruh keausan pada material bahan baja karbon ST 41 terhadap media *quenching* air garam.
- c) Sebagai panduan untuk penelitian selanjutnya dilingkup jurusan teknik mesin. Untuk bisa mengembangkan teknologi pada mesin pencacah sampah organik.

E. Sistematika penulisan

Penulisan skripsi terdiri dari beberapa bagian yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab pertama menguraikan tentang latar belakang masalah, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ke dua menguraikan tentang landasan teori dan tinjauan pustaka.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ke tiga menguraikan tentang metode penelitian, waktu dan tempat penelitian, pengambilan sampel, variabel penelitian, metode pengumpulan data dan metode analisa data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ke empat menguraikan tentang hasil dan pembahasan penelitian yang dikelompokkan menjadi :

1. Proses *heat treatment* bertingkat terhadap mata pisau mesin pencacah sampah organik.
2. Uji kekerasan dan uji keausan menggunakan bahan baja karbon ST 41 pengaruh proses *carburising* menggunakan serbuk arang batok kelapa, *hardening* pada suhu 875°C dan *tempering* pada suhu 450°C dengan media pendingin air garam.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ke lima menguraikan tentang kesimpulan dan saran dari sebuah penelitian, setelah itu penyimpulan dari hasil analisa dan pembahasan.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Karakteristik Baja ST 41

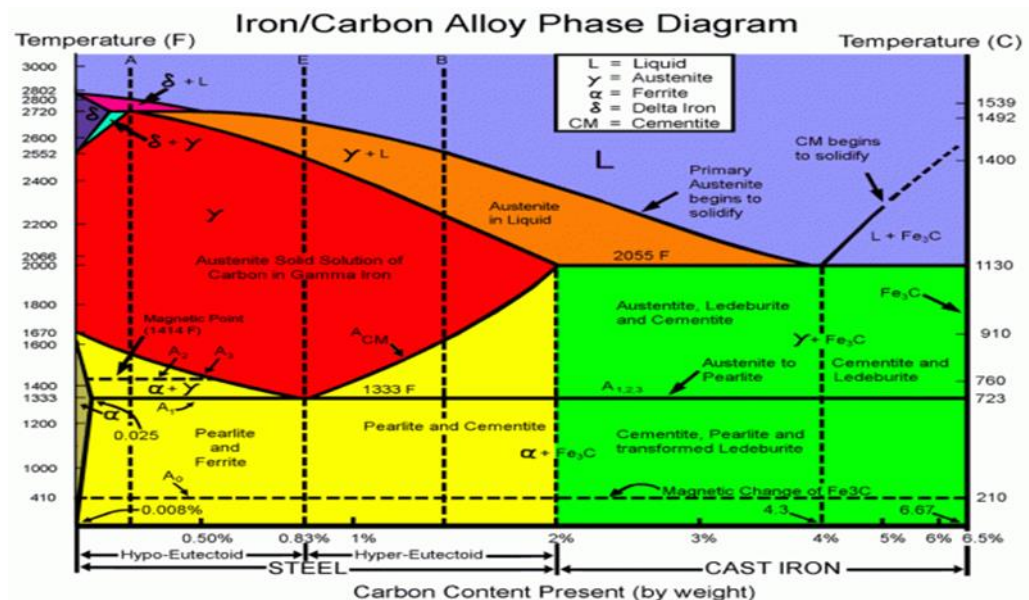
Spesifikasi baja karbon besi baja ST 41, yang juga mencakup konsep konsentrat elemen logam lainnya. Ada ribuan paduan logam dengan perlakuan dan komposisi kepala yang berbeda. Nilai sifat mekanik berdasarkan kandungan unsur karbon dalam baja adalah 0,20% berat tergantung grade. Unsur lain dalam Baja adalah: karbon, mangan, fosfor, dan belerang.

Berdasarkan dari tinggi rendahnya prosentase unsur karbon dalam baja karbon dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- a) Baja karbon rendah kandungan karbonnya sebesar 0.10 % sampai 0.30 % C.
- b) Baja karbon sedang kandungan karbonnya sebesar 0.30% sampai 0.60 % C.
- c) Baja karbon tinggi kandungan karbonnya sebesar 0.60 % sampai 1.7% C.(Fatchurrozy et al.,2019)

2. Diagram fasa Fe_3C

Diagram fasa Fe_3C merupakan diagram dengan hubungan antara suhu dimana proses perubahan fasa terjadi pada saat pendinginan lambat dan pemanasan lambat dengan kandungan karbon. Pada diagram fasa, Fe_3C atau yang disebut diagram keseimbangan besi-karbon adalah diagram yang merupakan parameter untuk mencari semua jenis fasa pada semua baja yang diproses. Konsep dasar diagram fasa adalah mempelajari hubungan antara besi dan paduannya. Hubungan ini dinyatakan oleh temperatur dan komposisi, dan setiap perubahan komposisi dan temperatur akan mempengaruhi mikrostruktur. (Nofri et., 2017)



Gambar 2.1. Diagram Fasa Fe_3C

Sumber : (Adawiyah al., 2014)

3. Mata Pisau Pencacah

Mata pisau adalah alat untuk mencacah atau memotong sampah organik menjadi kompos dengan menggunakan bahan baja karbon ST 41 yang memiliki kandungan karbon yang rendah dan sifat yang lunak sehingga mudah untuk dibentuk.



Gambar : 2.2. Desain Alat Mesin Pencacah

4. Pengujian Kekerasan

Metode uji kekerasan yang paling efektif dapat menggantikan kekuatan material di titik tengah pengujian kekerasan. Berbagai alat uji kekerasan dapat digunakan sesuai dengan bahan, kekerasan material, dan ukuran produk.

Kekerasan merupakan suatu metode untuk menentukan kekuatan atau ketahanan dari sifat mekanik suatu material yang mengalami

deformasi plastis, yang artinya material tersebut tidak dapat berubah seperti semula.

Pengujian kekerasan merupakan pengujian yang dilakukan pada suatu material untuk mengetahui nilai kekerasannya, karena melalui pengujian ini dapat diketahui gambaran sifat mekanik yang terdapat pada material tersebut. Karena pengujian ini hanya dilakukan pada titik atau area tertentu yang dapat diuji dengan melakukan uji kekerasan, maka dapat ditentukan apakah bahan tersebut adalah bahan ulat atau kertas.

Dibandingkan dengan proses pengujian material lainnya, pengujian kekerasan biasanya dilakukan melalui proses pengujian yang sederhana. Tujuan dari pengujian kekerasan adalah menggunakan metode kekerasan *Brinell*, kekerasan *Vickers* dan kekerasan mikro untuk mengukur tingkat kekerasan logam yang akan diuji. Pada penelitian ini menggunakan uji kekerasan *Vickers*, pengujian lebih mudah digunakan dan hasilnya lebih akurat dibandingkan dengan menggunakan metode lain.

Pengujian ini dilakukan dengan cara menekan indenter berbentuk limas dengan permukaan dasar persegi panjang pada benda uji, dan menggunakan indenter pada sudut permukaan 136 derajat terhadap titik tekanan akan menimbulkan bekas atau lekukan pada permukaan benda uji. Beban uji yang digunakan dalam uji kekerasan *Vickers* berkisar dari 1 kg F hingga 120 kgf.

Kekerasan *vickers* dirumuskan sebagai berikut :

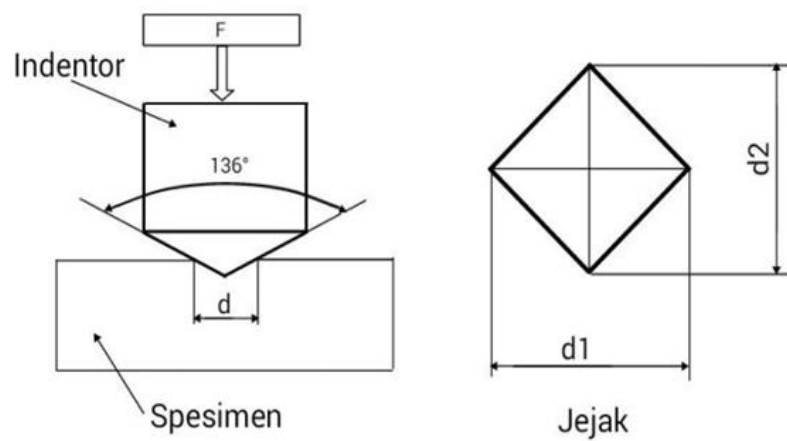
$$\text{VHN} = \frac{1,854 \times P}{D^2} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

VHN = *Vickers Hardness Number* (kg/mm²)

P = Beban yang diberikan (kgf)

D² = Panjang diagonal rata-rata (mm) dengan d rata-rata = $\frac{d1+d2}{2}$



Gambar 2.3. Pengujian kekerasan *vickers*

Sumber : (Widiyarta & sucipta, 2018)



Gambar : 2.4. Alat Uji Kekerasan *Vickers*

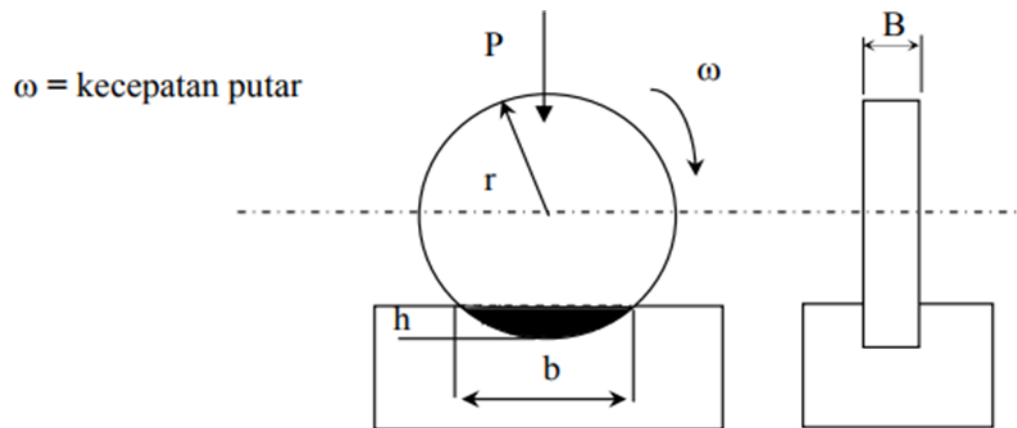
Sumber : Laboratorium Bahan teknik UGM Yogyakarta

5. Pengujian keausan

Pengujian dilakukan dengan memasukkan bahan ke dalam mesin uji, bahan tersebut akan bergesekan dengan benda yang ada di mesin selama waktu penahanan tertentu sehingga menimbulkan goresan pada bahan yang diuji.

Keausan material adalah hal biasa, karena keausan setiap material pasti akan terjadi. Untuk pengujian ini dapat digunakan berbagai macam metode untuk menyelesaikannya, salah satunya adalah dengan menggunakan metode Ogoshi yaitu dengan menggosok benda yang diuji

dengan cincin yang berputar pada mesin pengujian. Dari hasil tersebut dapat kita lihat dari gambar di bawah ini:



Gambar 2.5. Pengujian keausan metode *ogoshi*

Sumber : (Wahyudi et al., 2018)

Kausan dirumuskan sebagai berikut :

$$W = \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

W = Volume yang terabrasi (mm^3)

B = Tebal *revolving disc* (mm)

b^3 = Lebar yang terabrasi

r = jari-jari *disc* (mm)

W_s = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm



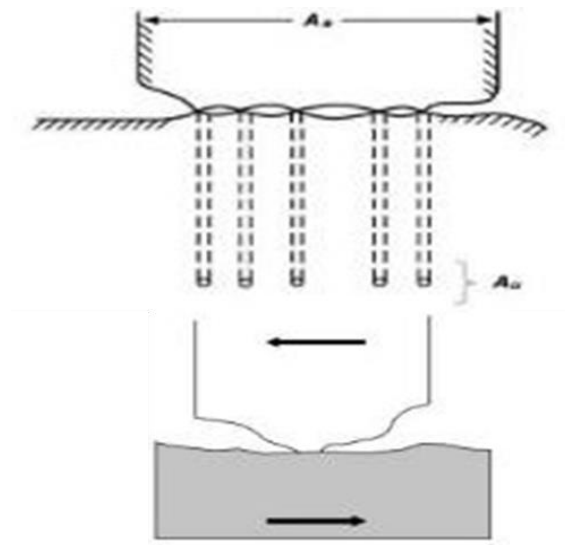
Gambar 2.6. Alat untuk uji keausan dengan metode *ogoshi*

Sumber : Laboratorium Bahan Teknik UGM Yogyakarta

Berikut penjelasan tentang mekanisme yang berbeda, yaitu keausan adhesif, keausan abrasif, keausan fatik dan keausan oksidatif, termasuk:

a) Keausan *adhesive*

Dalam pengujian ini, jika kontak permukaan dari dua atau lebih bahan akan menyebabkan *adhesive* satu sama lain dan deformasi plastis, dan akhirnya akan muncul lapisan atau salah satu bahan.

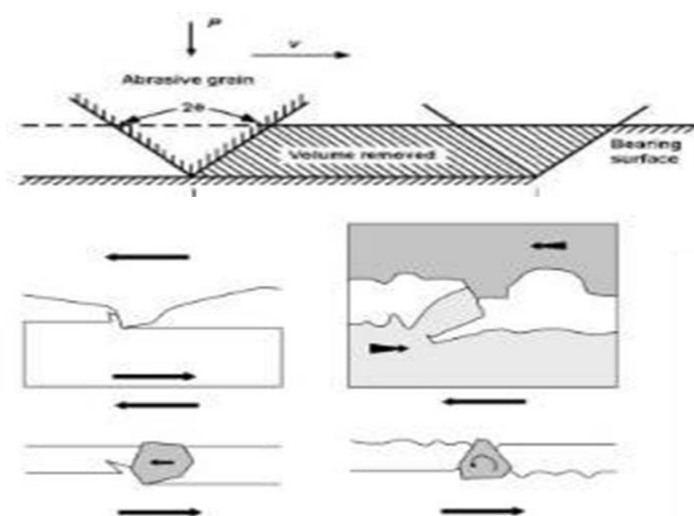


Gambar 2.7. Keausan *adhesive*

Sumber : ASM metal handbook, 1991

b) Keausan abrasif

Dalam pengujian ini, laju keausan bergantung pada derajat kebebasan material tertentu sehingga terjadi penetrasi atau pemotongan pada material yang lebih lunak.

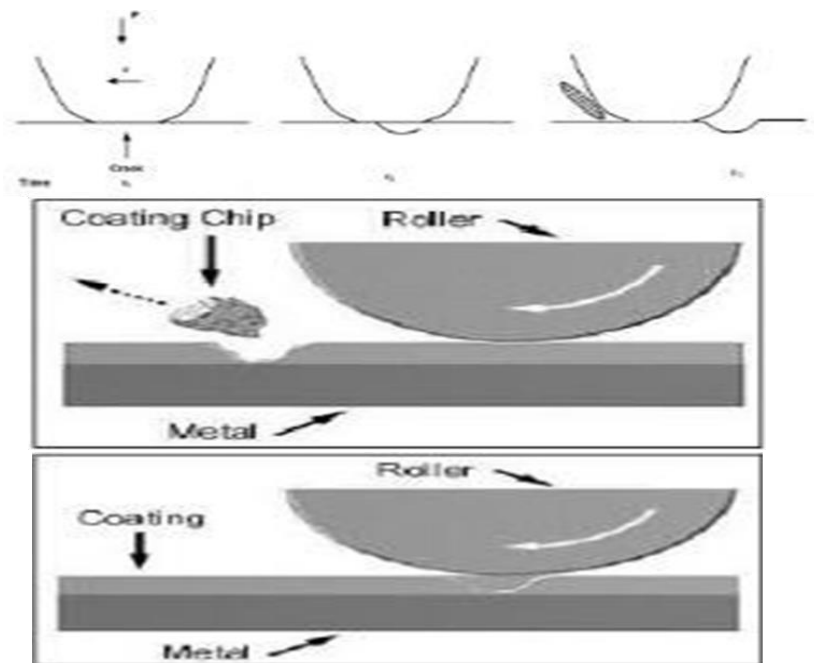


Gambar 2.8. Keausan abasive

Sumber : ASM metalis handbook, 1991

c) keausan lelah

Pada proses ini tingkat keausan sangat tergantung pada tingkat beban, karena terjadi akibat interaksi permukaan, dimana permukaan yang mengalami pembebanan berulang akan bermuara pada terbentuknya microcracks.

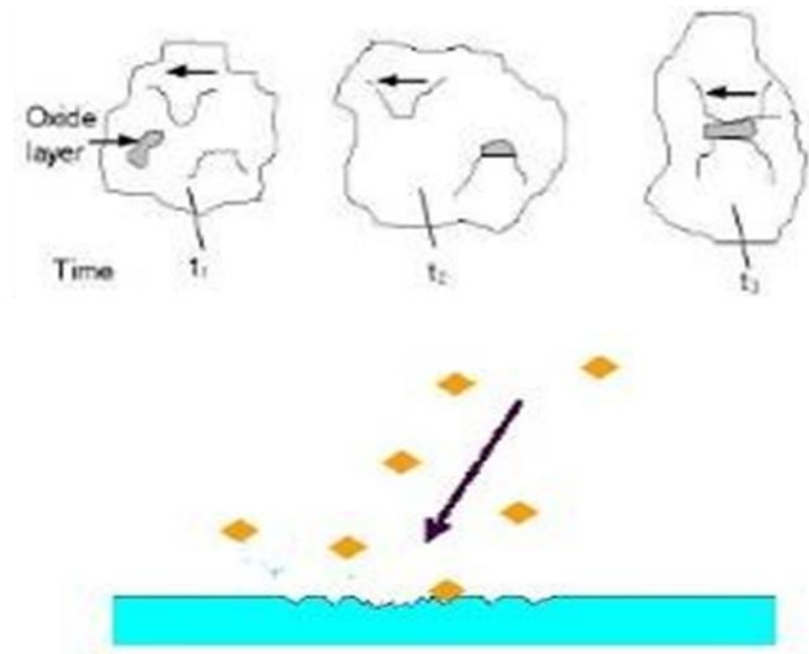


Gambar 2.9. Keausan lelah

Sumber : ASM metals handbook, 1991

d) Keausan oksidasi

Proses ini akan menyebabkan perubahan kimiawi pada material permukaan, yang akan mengakibatkan kerusakan yang disebabkan oleh faktor lingkungan.



Gambar 2.10. Keausan Oksidasi

Sumber : ASM metals handbook, 1991

6. *Heat treatment*

Perlakuan panas adalah proses mengubah sifat logam dengan cara memanaskan dalam waktu penahanan tertentu tanpa mengubah mikrostruktur bahan, dan mengatur kecepatan pendingin tanpa mengubah komposisi kimia logam.

7. *Carburizing*

Carburizing merupakan proses penambahan karbon pada logam, dimana penambahan karbon diperoleh dari bahan berkarbon selama proses

karburasi, pada suhu tertentu nilai kekerasan yang diperoleh pada logam akan meningkat.

Pada proses *carburising* padat menggunakan serbuk arang tempurung kelapa yang telah dicampur dengan NaCO_3 10% sampai 40%, kemudian BaCO_3 dimasukkan ke dalam kotak yang berisi campuran tersebut, kemudian kotak tersebut ditutup rapat, kemudian ditempatkan pada suhu 850°C sampai 950°C Di dalam tungku. Setelah itu dilakukan waktu penahanan selama 45 menit, kemudian proses selanjutnya adalah menggunakan air garam untuk mendinginkan dan temper pada suhu 450°C guna mengurangi ketahanan logam.

8. Serbu arang batok kelapa

Pengguna bubuk menambahkan konten pada permukaan bacaan dengan perlakuan panas pada suhu tertentu: 1,4% K, 0,5% S, 1,7% P. Arang tempurung kelapa merupakan sumber karbon padat yang dapat dibuat menjadi briket atau pelet melalui proses pemadatan.

9. Media quenching

Quenching ini adalah salah satu proses pendinginan cepat yang dilakukan oleh proses *quenching*, yang dapat mencegah pendinginan lambat, yang akan menyebabkan ukuran butir berkurang dan meningkatkan nilai kekerasan logam. Untuk urine sendiri dibagi beberapa faktor yaitu medium, kalor jenis, kalor penguapan, konduktivitas termal medium, viskositas dan kavitasi, pada sistem pendingin menggunakan medium air asin kecepatan penggunaan air asin lebih cepat daripada

menggunakan oli. , Dan untuk pendinginan langsung menggunakan udara, kecepatan penggunaan lebih lambat. Lebih dingin dari yang lainnya.

Dalam pengujian ini penulis menggunakan media cetak air garam karena mengandung banyak mineral yang dapat merubah sifat mekanik logam.

10. Hardening

Hardening adalah suatu metode memanaskan logam baja sampai suatu titik temperatur di daerah austenit dan menyimpannya dalam waktu tertentu agar benda uji mempunyai struktur austenit dan secara tiba-tiba dibutuhkan. Proses ini bertujuan untuk mendapatkan logam dengan nilai kekerasan yang tinggi.

11. *Tempering*

Tempering merupakan proses pemanasan terhadap pajak yang telah dikunci pada struktur martensit, tempering dilakukan pada temperatur 100⁰C hingga 600⁰C pada waktu tertentu, dan proses tempering harus dilakukan segera setelah quenching, untuk mencegah ketidak stabilan struktur. Selama proses tempering, baja akan mengurangi kekerasan dan kekuatan untuk mengurangi kekerasan.

B. Tinjauan Pustaka

Alwarit, Daswarman, M. Nasir (2014) Menuliskan judul pengaruh media pendingin pada proses hardening Terhadap Peningkatan kekerasan baja karbon sedang, diperoleh kesimpulan bahwa “Data penggunaan oli sebagai

media pendingin menunjukkan bahwa nilai kekerasan rendah dari media yang digunakan mengalami peningkatan sebesar 28,18%. Laju kenaikan medium pendingin yang menggunakan air cukup tinggi yaitu 110,10%, untuk kenaikan nilai kekerasan laju peningkatan brine medium pendingin paling tinggi yaitu 128,33%.”

Gusti Rusydi Furqon s, Muhammad Firman, Moch. Andi Sugeng P (2016) Menuliskan judul analisa uji kekerasan pada poros baja ST 60 dengan media pendingin berbeda, diperoleh kesimpulan bahwa “Setelah menggunakan metode Anova untuk mempelajari dan menganalisis data diperoleh nilai $F_{hitung} = 6,056029 < F_{Tabel} 3.88$ Penulis menyimpulkan bahwa media pendingin berpengaruh terhadap kekerasan baja ST 60 pada suhu 600. Informasi sebelum perlakuan panas dalam derajat Celcius adalah 112,4 B, dan nilai kekerasan setelah perlakuan panas menggunakan tiga varian media pendingin yaitu air (110,2 HB). Udara (94,8 HB). Diantara ketiga media pendingin yang memberikan kekerasan lebih baik, baja ST 60 mendapatkan hasil yaitu rata-rata kekerasan media pendingin oli Sae 40 adalah 119,4 HB.”

Anggun Mersilia¹, Pulung Karo Karo¹, dan Yayat Iman Supriyatna² (2016) Menuliskan judul Pengaruh *heat treatment* dengan variasi media quenching air garam dan Oli terhadap struktur mikro dan nilai kekerasan baja pegas daun aisi 6135 Diperoleh kesimpulan bahwa “Hasil uji kimia pegas daun terbaca diklasifikasikan menjadi baja karbon sedang, karbon unsur ($C = 0,343\%$) dan baja kromium vanadium (AISI 6135). Unsur

penyusun utama adalah besi ($\text{Fe} = 97\%$), kromium ($\text{Cr} = 1.086\%$), vanadium ($\text{V} = 0.112\%$) dan tembaga ($\text{Cu} = 0.100\%$). Pada media quenching air garam 100% didapatkan hasil uji kekerasan sampel bahan baku baja sebanyak 42 dan 72 radian. 50% brine: minyak 50%, tekanannya 34,7 HRC dan 38,27 HRC. Hasil pengamatan struktur mikro sebelum heat treatment menghasilkan biji ferit dan perlit. Setelah heat treatment medium quenching dihasilkan air garam 50% dibandingkan dengan 100% garam air, 50% minyak menghasilkan sisa martensit Austenit dan butiran ferit lebih padat dan merata”

Hamzah Nur (2017) Menuliskan judul pengaruh penggunaan media pendingin air garam, air tawar, dan air asam pada perlakuan panas terhadap kekerasan baja ST 60, diperoleh kesimpulan bahwa “Peneliti ini meyakini bahwa terdapat perbedaan nilai kekerasan baja ST 60 yang didinginkan dengan air, minyak dan udara setelah proses heat treatment. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kekerasan baja yang didinginkan dengan media pendingin yang berbeda setelah melalui proses heat treatment akan mendapatkan nilai yang berbeda pula”

Danang Eko Wahyudi¹, Dwi Rahmalina², Hendri Sukma³ (2018) Menuliskan judul Pengaruh beban terhadap lajuKeausan pada material komposit berpenguat grafit dan Sic, Diperoleh kesimpulan bahwa “Pada penelitian ini metode pengecoran yang digunakan adalah metode ekstrusi. Dengan pengujian sampel yaitu melakukan uji abrasi maka dapat disimpulkan bahwa: “Hasil laju keausan tertinggi adalah pada beban 6,36 kg, kecepatan

2,38 m/s, dan jarak luncur 100 m. Dengan nilai spesifik dapat juga Processing $3.720\ 75782 \times 10^{-6} \text{ mm}^3 / \text{mm}$. Nilai laju keausan terendah muncul pada beban 2,12 kg, kecepatan 2,38 m / s, jarak 100 m, dan Nilai laju keausan spesifiknya adalah $360131795 \times 10^{-6} \text{ mm}^3 / \text{mm}$ Hal ini terjadi karena semakin tinggi beban yang diterapkan maka semakin tinggi pula laju keausan yang terjadi pada material.”

Dwipayana¹⁾, I Made Widiyarta²⁾, Made Sucipta²⁾ (2018)

Menuliskan judul Kekerasan baja karbon sedang dengan variasi suhu permukaan material, diperoleh kesimpulan bahwa “Ketika temperatur berubah dari 30^0C menjadi 300^0C maka sifat mekanik material baja karbon medium akan berubah, yaitu semakin tinggi temperatur permukaan yang keras maka kekerasannya akan semakin rendah. Pada baja mekanis dengan kekerasan tinggi 300^0C , itu mungkin hasil dari permukaan material”

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode eksperimen. Metode eksperimental sendiri merupakan metode untuk menemukan hal-hal baru di bawah pengaruh variabel tertentu dalam keadaan terkontrol terhadap variabel lain.

Pada metode ini, baja ST 41 digunakan untuk proses perlakuan panas multi tahap yaitu perubahan karburasi, pengerasan pada suhu 875°C , dan temper dengan media pendingin air garam pada suhu 450°C . Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan yang ada pada baja karbon ST 41 melalui uji kekerasan dan uji keausan.

B. Waktu Dan Tempat Peneliti

Jadwal penelitian merupakan suatu rencana penataan dalam pekerjaan yang akan dilaksanakan sebagai batas waktu yang telah ditentukan untuk penelitian selama proses penelitian. Proses persiapan spesimen dan heat treatment dilakukan di "Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Kasakti Degarpan". Uji kekerasan dan uji keausan akan dilakukan di Laboratorium Material Teknik Universitas Gajah Mada Yogyakarta.

Jadwal penelitian ditunjukkan pada Tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian

No.	Kegiatan	Bulan Ke-				
	Persiapan	1	2	3	4	5
1	a. Studi literature					
	b. Penyusunan proposal					
	c. Persiapan alat dan bahan					
2	Pelaksanaan					
	a. Seminar proposal					
	b. Pembuatan spesimen					
	c. Pengujian spesimen					
3	Penyelesaian					
	a. Pengolahan data					
	b. Penyusunan laporan					
	c. Ujian skripsi					

C. Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini ada dua macam variabel, yaitu :

1. Variabel bebas

Variabel ini adalah ya mempengaruhi munculnya variabel-variabel lainnya. Pada penelitian ini menggunakan media quenching air garam pada baja ST 41.

2. Variabel terikat

Variabel ini adalah yang dipengaruhi akibat adanya variabel bebas. dan penelitiannya sifat mekanik pada baja ST 41 pada pengujian kekerasan dan pengujian keausan.

D. Metode Pengumpulan Data

Pada pengumpulan data ini ada beberapa metode yang digunakan penulis antara lain :

1. Metode observasi

Metode dengan cara ini dimana penulis mencatat informasi langsung yang ada dilapangan dalam kondisi yang sebenarnya terjadi pada sebuah penelitian.

2. Metode eksperimen

Metode eksperimen sendiri adalah suatu metode yang berusaha mencari hal yang baru dalam pengaruh variabel tertentu terhadap variabel yang lain dalam keadaan terkontrol tetap.

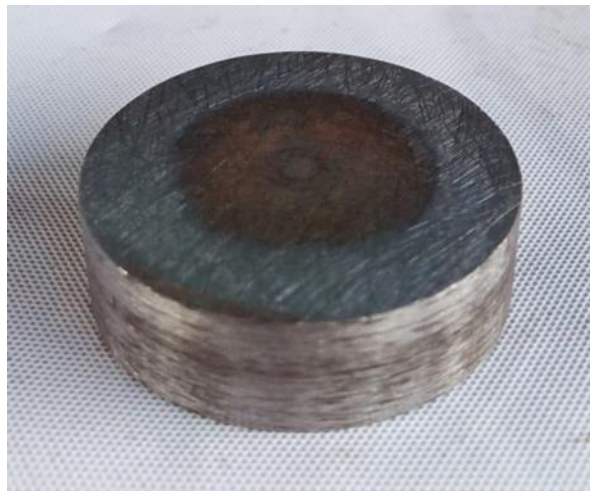
Pada metode ini menggunakan baja ST 41 dengan proses heat treatment bertingkat dengan variasi karburising, hardening menggunakan suhu 875°C dan tempering pada suhu 450°C dengan media pendingin air garam.

E. Instrumen Dan Desain Pengujian

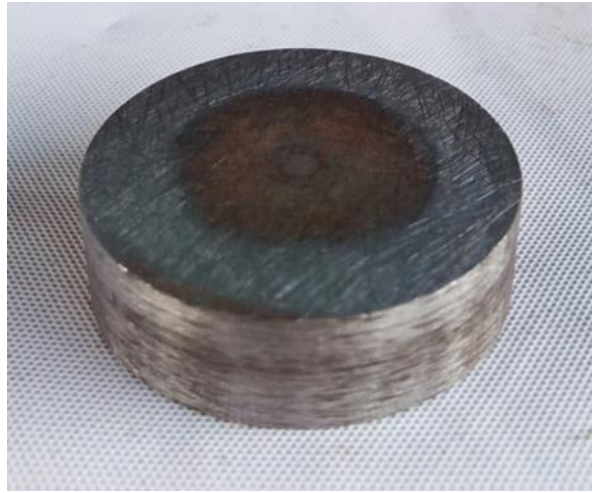
1. Alat

- a) Mesin gerinda potong.
- b) Tang penjepit.
- c) Sarung tangan.

- d) Wadah media pendingin.
 - e) Tungku *heat treatment*.
 - f) Alat untuk uji kekerasan.
 - g) Alat untuk uji keausan.
2. Bahan
- a) Baja ST 41.
 - b) Arang batok kelapa.
 - c) Air garam.
3. Desain Spesimen Pengujian Kekerasan Dan Keausan



Gambar 3.1. Spesimen kekerasan



Gambar 3.2. Spesimen keausan

F. Proses Pembuatan Dan *Heat Treatment* Bertingkat

Ada beberapa tahap dalam pembuatan benda uji dan proses heat treatment bertingkat antara lain :

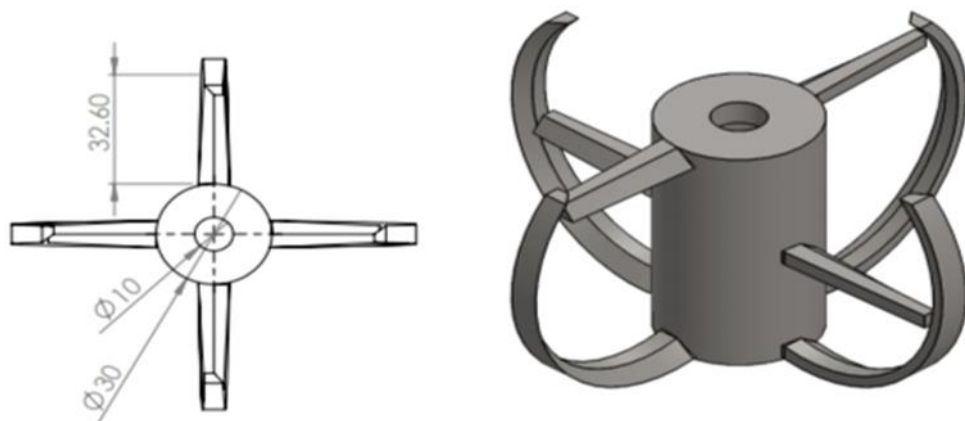
1. Memotong benda uji sesuai dengan ukuran standar pengujian.
2. Sebelum melakukan proses pengujian yang lain yang pertama dilakukan adalah pengujian komposisi raw material yang bertujuan untuk mengetahui nilai komposisi kimia yang ada pada benda uji tersebut apakah termasuk karbon rendah, sedang atau tinggi.
3. Melakukan proses *carburising* menggunakan arang batok kelapa pada suhu 875°C dengan media *quenching* air garam.
4. Melakukan proses carburising dan hardening pada suhu 875°C dengan media quenching air garam.
5. Melakukan proses carburising, hardening dan *tempering* pada suhu 450°C dengan media quenching air garam.

6. Setiap proses *heat treatment* bertingkat diberi waktu penahanan selama 45 menit.
7. Melakukan pengujian kekerasan dan pengujian keausan.
8. Sampel benda uji yang akan diuji berjumlah 12 biji.
 - a) Uji kekerasan 3 biji.
 - b) Uji keausan 9 biji.

G. Metode Analisa Data

Pada metode analisis data diperoleh hasil pengujian dan dimasukkan ke dalam rumus perhitungan, sehingga data kuantitatif dapat diperoleh dalam bentuk digital. Dalam teknologi pengumpulan data proses *carburising* menggunakan serbuk arang tempurung kelapa pada suhu 875°C , kemudian dilakukan pengerasan dan tempering pada suhu 450°C , kemudian ditahan selama 45 menit dan ddinginkan dengan media air garam.

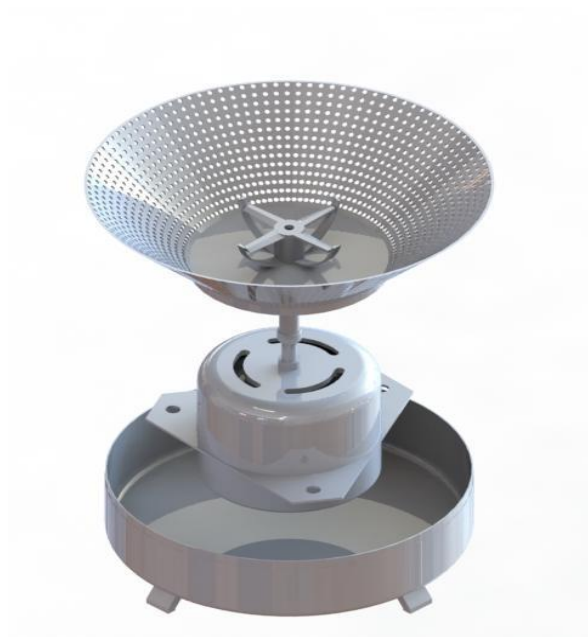
Nilai kekerasan dan keausan mata pisau dapat digambarkan dalam bentuk tabel.



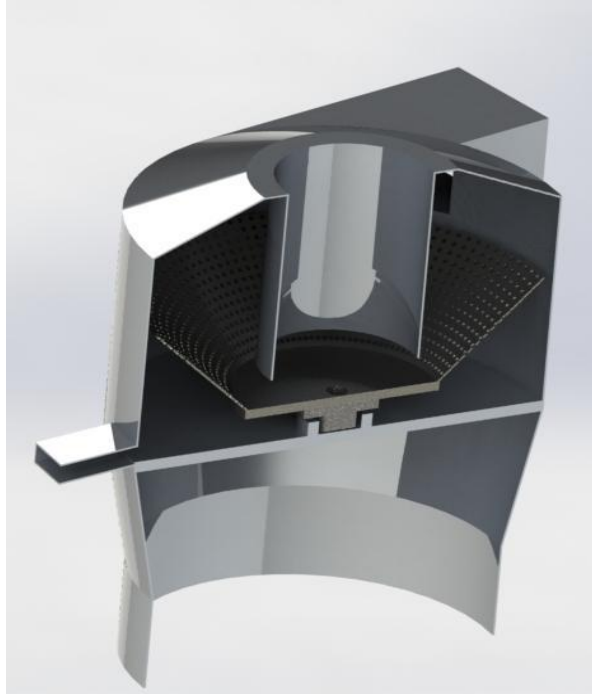
Gambar 3.3 Desain mata pisau mesin pencacah.



Gambar 3.4. Desain Spinner Mesin Pencacah Sampah organik



Gambar 3.5. Desain Mesin Pencacah Sampah Organik (Tanpa rangkaian)



Gambar 3.6. Desain Mesin Pencacah Sampah organik (Tampak Depan)



Gambar 3.7. Desain Mesin Pencacah Sampah Organik



Gambar 3.8. Mata Pisau Mesin Pencacah Sampah organik



Gambar 3.9. Spinner Mesin Pencacah Sampah organik



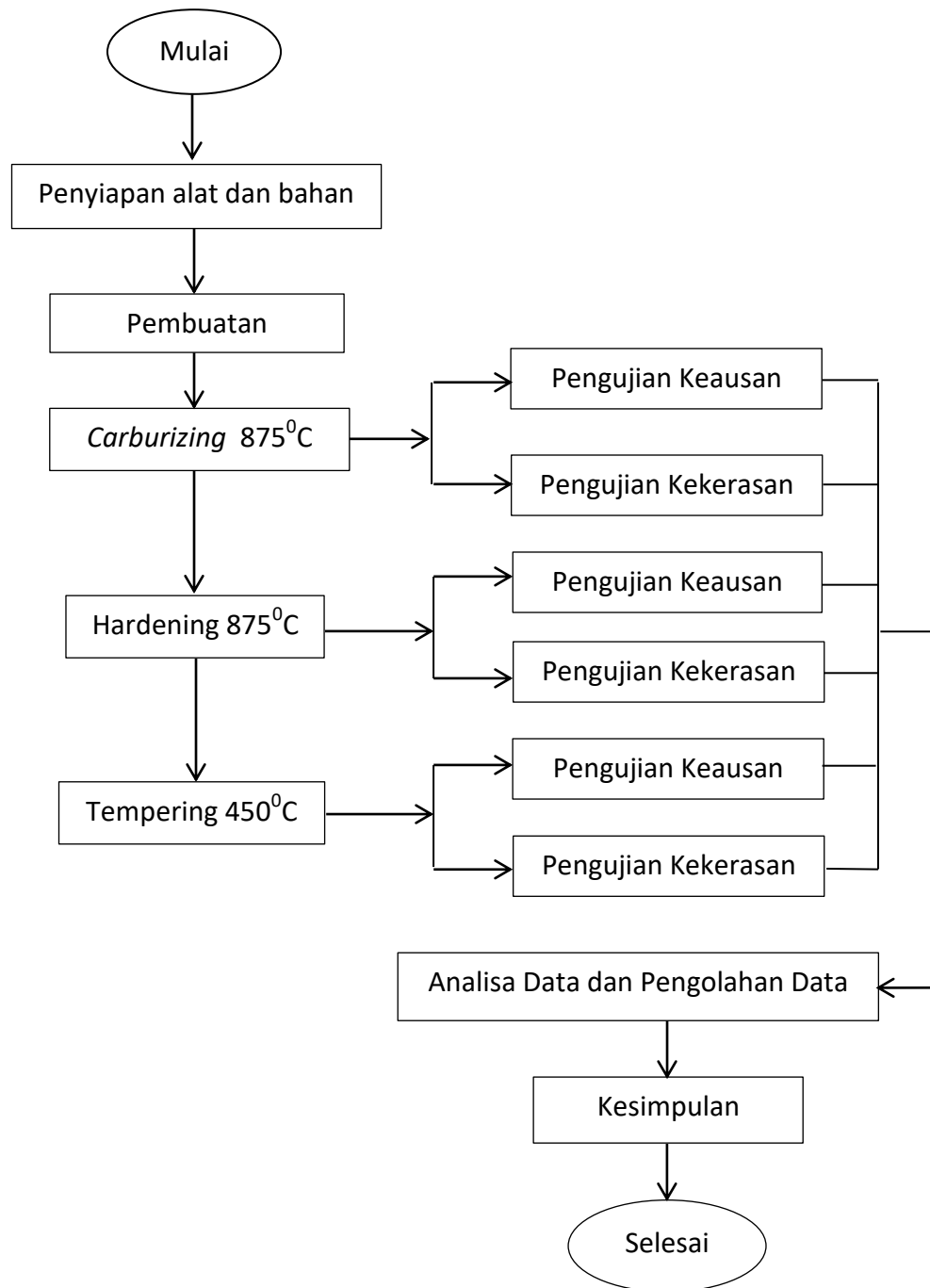
Gambar 3.10. Mesin Pencacah Sampah Organik

Tabel 3.2 Tabel Rencana Hasil Pengujian Kekerasan

Spesimen		Diagonal		Kekerasan	Kekerasan
No	Variasi	D1	D2	(VHN)	Rata-rata (VHN)
1	Raw Material				
2	Carburising				
3	Carburising dan Hardening				
4	Carburising, Hardening dan Tempering				

H. Diagram Alir Penelitian

Untuk memudahkan penelitian maka disusunlah penelitian seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 3.11. Diagram Alir Penelitian.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Melalui penelitian ini akan dihasilkan gambar berupa tabel, gambar dan data foto dari hasil pengujian kekerasan dan pengujian keausan.

1. Uji raw material

Saat melakukan pengujian ini, pengujian pertama adalah untuk mengetahui apakah komposisi kimia benda uji tersebut adalah karbon rendah, karbon sedang atau karbon tinggi. Terlihat dari hasil tersebut bahwa kadar karbon benda uji sebesar 0,21%. Oleh karena itu, dapat diklasifikasikan sebagai baja karbon rendah. Tabel berikut merupakan tabel hasil pengujian bahan baku yang dilakukan di UPTD Laboratorium Industri Tegal.

Tabel 4.1 komposisi kimia material baja ST 41

Unsur	Chemical Composition (%)		Test Result (%)
	n1	n2	
C	0,21	0,22	0,21
Si	0,29	0,30	0,29
Mn	0,30	0,30	0,30
P	0,04	0,04	0,04
S	0,02	0,02	0,02
Cr	0,29	0,30	0,30
Mo	0,02	0,02	0,02
Ni	0,05	0,05	0,05
Cu	0,04	0,04	0,04
Fe	98,3	98,3	98,3

Sumber : Laboratorium LIK Tegal (Satria Putra Perdana)

Tabel 4.2 komposisi kimia material baja ST 41 Variasi Carburising

Unsur	Chemical Composition (%)		Test Result (%)
	n1	n2	
C	0,33	0,44	0,39
Si	0,27	0,28	0,28
Mn	0,34	0,33	0,33
P	0,10	0,09	0,09
S	0,03	0,05	0,04
Cr	0,31	0,28	0,30
Mo	0,02	0,02	0,02
Ni	0,06	0,05	0,06
Cu	0,04	0,04	0,04
Fe	98,0	97,9	98,0

Sumber : Laboratorium LIK Tegal

Tabel 4.3 komposisi kimia material baja ST 41 Variasi Carburising dan Hardening

Unsur	Chemical Composition (%)		Test Result (%)
	n1	n2	
C	0,28	0,34	0,32
Si	0,27	0,30	0,28
Mn	0,34	0,34	0,34
P	0,06	0,06	0,06
S	0,02	0,03	0,03
Cr	0,03	0,03	0,03
Mo	0,01	0,01	0,01
Ni	0,04	0,05	0,05
Cu	0,04	0,04	0,04
Fe	98,3	98,2	98,2

Sumber : Laboratorium LIK Tegal

Tabel 4.4 komposisi kimia material baja ST 41 Variasi Carburising,
Hardening Dan Tempering

Unsur	Chemical Composition (%)		Test Result (%)
	n1	n2	
C	0,27	0,31	0,29
Si	0,26	0,27	0,26
Mn	0,33	0,34	0,33
P	0,03	0,06	0,04
S	0,02	0,03	0,02
Cr	0,31	0,32	0,31
Mo	0,01	0,02	0,01
Ni	0,05	0,05	0,05
Cu	0,04	0,04	0,04
Fe	98,4	98,3	98,4

Sumber : Laboratorium LIK Tegal

2. Pengujian kekerasan

Pada pengujian kekerasan *Vickers*, indenter berlian berbentuk piramida dengan sudut bawah persegi digunakan untuk menekan benda uji. Tujuan dari indenter adalah untuk menentukan nilai kekerasan yang akurat menggunakan alat uji kekerasan *Vickers* standar ASTM E92. Untuk pengujian, satu (1) sampel dapat diuji 3 kali.

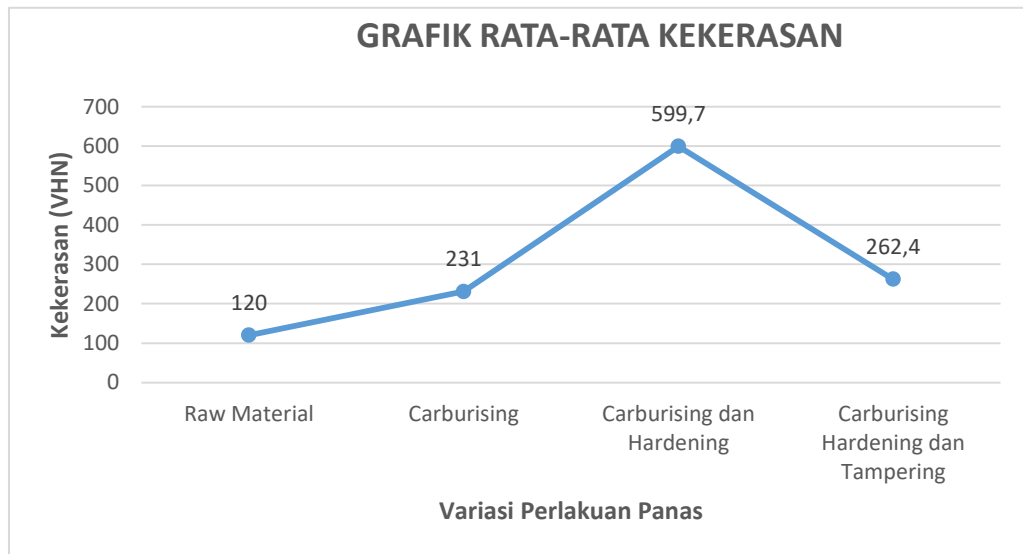
Tabel 4.5 Hasil Uji Kekerasan

Spesimen		Kekerasan (VHN)	Kekerasan Rata-rata (VHN)
No	Variasi		
1	Raw Material	124	120
		118	
		118	
1	Carburising	232,3	231,0
		228,3	
		232,3	
2	Carburising dan Hardening	605,4	599,7
		588,5	
		605,4	
3	Carburising, Hardening dan Tempering	264,0	262,4
		259,1	
		264,0	

Sumber : Laboratorium Bahan Teknik UGM Yogyakarta

Keterangan :

1. Pengujian dilakukan tanggal 7 November 2020
2. Menggunakan metode *vickers* dengan pembebanan 40 kgf



Keterangan :

$$\text{VHN} = \frac{1,854 \times P}{D^2}$$

VHN = *Vickers Hardness Number* (kg/mm²)

P = Beban yang diberikan (kgf)

D² = Panjang diagonal rata-rata (mm), dengan d rata-rata = $\frac{d_1 + d_2}{2}$

Pengelolaan data dari kekerasan *vickers* pada baja ST 41 Variasi Carburising

Diketahui :

P = 40 kgf

$$D \text{ rata-rata} = \frac{0,57 + 0,56}{2} = 0,565 \text{ mm}$$

$$\text{Kekerasan} = \frac{1,854 \times 40}{(d^2)}$$

$$\text{Kekerasan} = \frac{1,854 \times 40}{(0,565^2)}$$

$$= 232,3 \text{ kg/mm}^2 \text{ (titik uji 1)}$$

$$D \text{ rata-rata} = \frac{0.57+0.57}{2} = 0.57 \text{ mm}$$

$$\text{Kekerasan} = \frac{1.854 \times 40}{(d^2)}$$

$$\text{Kekerasan} = \frac{1.854 \times 40}{(0.57^2)}$$

$$= 228,3 \text{ kg/mm}^2 \text{ (titik uji 2)}$$

$$D \text{ rata-rata} = \frac{0.56+0.57}{2} = 0.565 \text{ mm}$$

$$\text{Kekerasan} = \frac{1.854 \times 40}{(d^2)}$$

$$\text{Kekerasan} = \frac{1.854 \times 40}{(0.565^2)}$$

$$= 232,3 \text{ kg/mm}^2 \text{ (titik uji 3)}$$

Perhitungan kekerasan rata-rata variasi carburising

$$\begin{aligned} \text{Nilai rata-rata kekerasan} &= \frac{\text{Jumlah nilai}}{\text{Banyak data}} \\ &= \frac{232,3 + 228,3 + 232,3}{3} \\ &= \frac{692,9}{3} \end{aligned}$$

$$= 231,0 \text{ kg/mm}^2 \text{ (Pengujian kekerasan carburising)}$$

3. Pengujian keausan

Pada pengujian abrasi *ogoshi*, benda uji dimasukkan ke dalam alat uji dan digosok dengan benda tersebut pada peralatan tersebut selama waktu penahanan tertentu untuk digores pada bahan uji menggunakan mesin uji abrasi korosi standar ASTM G99. Untuk pengujian, setiap sampel diuji satu kali.

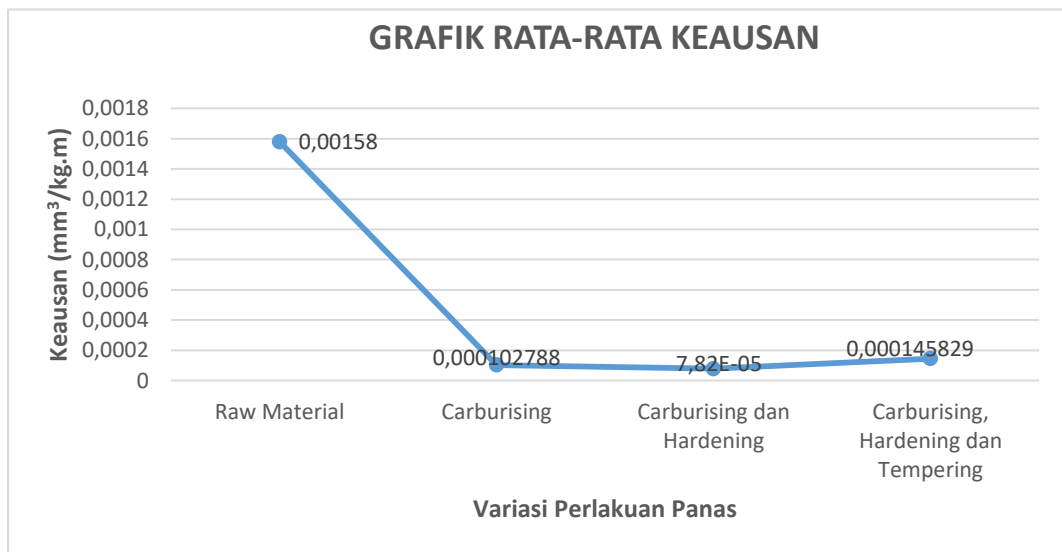
Tabel 4.6 Hasil Uji Keausan

Variasi Perlakuan Panas	Titik Uji	Tebal Disc (B;mm)	Jari-jari Disc (r;mm)	Panjang Wear (b;mm)	Volume Tergores (W;mm ³)	Keausan (Ws; mm ³ /kg.m)	Keausan rata-rata (Ws; mm ³ /kg.m)
Raw Material	1	3,45	13,6	1,80	0,16912	0,00266	0,00158
	2	3,45	13,6	1,30	0,04644	0,00073	
	3	3,45	13,6	1,60	0,08659	0,00136	
Carburising_1	1	3,45	13,6	0,64	0,00562	0,00009	0,00011
	2	3,45	13,6	0,71	0,00770	0,00012	
	3	3,45	13,6	0,69	0,00682	0,00011	
Carburising_2	1	3,45	13,6	0,69	0,00682	0,00011	0,00009
	2	3,45	13,6	0,67	0,00640	0,00010	
	3	3,45	13,6	0,60	0,00457	0,00007	
Carburising_3	1	3,45	13,6	0,71	0,00770	0,00012	0,00011
	2	3,45	13,6	0,69	0,00682	0,00011	
	3	3,45	13,6	0,67	0,00640	0,00010	
Carburising dan Hardening_1	1	3,45	13,6	0,64	0,00562	0,00009	0,00008
	2	3,45	13,6	0,60	0,00457	0,00007	
	3	3,45	13,6	0,63	0,00525	0,00008	
Carburising dan Hardening_2	1	3,45	13,6	0,57	0,00394	0,00006	0,00007
	2	3,45	13,6	0,64	0,00562	0,00009	
	3	3,45	13,6	0,57	0,00394	0,00006	
Carburising dan Hardening_3	1	3,45	13,6	0,64	0,00562	0,00009	0,00008
	2	3,45	13,6	0,64	0,00562	0,00009	
	3	3,45	13,6	0,60	0,00457	0,00007	
Carburising, Hardening dan Tempering_1	1	3,45	13,6	0,83	0,01203	0,00019	0,00014
	2	3,45	13,6	0,71	0,00770	0,00012	
	3	3,45	13,6	0,69	0,00682	0,00011	
Carburising, Hardening dan Tempering_2	1	3,45	13,6	0,71	0,00770	0,00012	0,00011
	2	3,45	13,6	0,69	0,00682	0,00011	
	3	3,45	13,6	0,69	0,00682	0,00011	
Carburising, Hardening dan Tempering_3	1	3,45	13,6	0,86	0,01331	0,00021	0,00019
	2	3,45	13,6	0,83	0,01203	0,00019	
	3	3,45	13,6	0,79	0,01025	0,00016	

Sumber : Laboratorium Bahan Teknik UGM Yogyakarta

Keterangan :

1. Pengujian dilakukan tanggal 7 November 2020
2. Pengujian menggunakan universalwear
3. Jarak pengausan 15 mm, Beban pengujian 6,36 kg



Keterangan :

W = Volume material yangterabrasi (mm³)

B = Tebal *revolving disc*(mm)

b^3 = Lebar material yangterabrasi

r = Jari-jari *disc*(mm)

W_s = Harga keausan spesifik (mm³/kg.m)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Pengelolaan data dari kekuatan keausan pada baja ST 41 variasi carburising 1

Diketahui :

W = Volume yang terabrasi (mm^3)

B = Tebal *revolving disc* (mm)

r = Jari-jari *disc* (mm)

b^3 = Lebar yang terabrasi

Ditanya : W ...?

$$W = \frac{B.b^3}{12.r}$$

$$= \frac{3,45.0,64^3}{12.13,6}$$

$$= \frac{0,9043968}{163,2}$$

$$= 0,00562 \text{ mm}^3$$

Diketahui :

W_s = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

W = Volume yang terabrasi (mm^3)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Ditanya : W_s ...?

$$W_s = \frac{1,5.W}{P.L_o}$$

$$= \frac{1,5.0,00562}{6,36.15}$$

$$= \frac{0,00843}{95,4}$$

$$= 0,00009 \text{ mm}^3/\text{kg.m (Pengujian keausan carburising 1 titik uji)}$$

1)

Diketahui :

$$W = \text{Volume yang terabrasi (mm}^3\text{)}$$

$$B = \text{Tebal revolving disc (mm)}$$

$$r = \text{Jari-jari disc (mm)}$$

$$b^3 = \text{Lebar yang terabrasi}$$

Ditanya : W...?

$$W = \frac{B.b^3}{12.r}$$

$$= \frac{3,45.0,71^3}{12 .13,6}$$

$$= \frac{1,23479}{163,2}$$

$$= 0,00770 \text{ mm}^3$$

Diketahui :

$$W_s = \text{Harga keausan spesifik (mm}^3/\text{kg.m)}$$

$$W = \text{Volume yang terabrasi (mm}^3\text{)}$$

$$P = \text{Beban pengujian 6,36 kg}$$

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Ditanya : W_s ...?

$$W_s = \frac{1,5.w}{P.L_o}$$

$$= \frac{1,5.0,00770}{6,36.15}$$

$$= \frac{0,01155}{95,4}$$

$$= 0,00012 \text{ mm}^3/\text{kg.m (Pengujian keausan carburising 1 titik uji 2)}$$

Diketahui :

W = Volume yang terabrasi (mm^3)

B = Tebal *revolving disc* (mm)

r = Jari-jari *disc* (mm)

b^3 = Lebar yang terabrasi

Ditanya : W ...?

$$W = \frac{B.b^3}{12.r}$$

$$= \frac{3,45.0,69^3}{12.13,6}$$

$$= \frac{1,13336}{163,2}$$

$$= 0,00682 \text{ mm}^3$$

Diketahui :

W_s = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

W = Volume material yang terabrasi (mm^3)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Ditanya : W_s ...?

$$W_s = \frac{1,5.w}{P.L_o}$$

$$= \frac{1,5.0,00682}{6,36.15}$$

$$= \frac{0,01023}{95,4}$$

$$= 0,00011 \text{ mm}^3/\text{kg.m} \text{ (Pengujian keausan carburising 1 titik uji)}$$

3)

Perhitungan rata-rata pengujian variasi carburising 1 baja ST 41

$$\text{Nilai rata-rata} = \frac{\text{Jumlah nilai}}{\text{Banyak data}}$$

$$= \frac{0,00009 + 0,00012 + 0,00011}{3}$$

$$= \frac{0,00032}{3}$$

$$= 0,00011 \text{ mm}^3/\text{kg.m} \text{ (Pengujian keausan rata-rata carburising 1)}$$

B. PEMBAHASAN

Dalam hasil penelitian tersebut dapat dilakukan pembahasan sebagai berikut :

1. Hasil uji raw material tersebut dapat diklasifikasikan bahwa mata pisau mesin pencacah termasuk baja karbon rendah dengan nilai karbonnya sebesar 0,21%.
2. Nilai kekerasan hasil uji kekerasan perubahan *carburizing* adalah 231.0 kg/mm², nilai perubahan *carburizing*, hardening dan *tempering* adalah 262.4 kg/mm², dan peningkatan kekerasan *carburizing* dan *quenching*. 599,7 kg/mm². Mengenai nilai kekerasan, dapat disimpulkan bahwa pengaruh nilai kekerasan diperoleh dengan proses perlakuan panas bertingkat baja karbon rendah.
3. Hasil uji keausan perubahan *carburising* sebesar 0,00010 mm³/kg.m, perubahan *carburising* dan pengerasan sebesar 0,0000767 mm³/kg.m, perubahan *carburising*, hardening dan *tempering* sebesar 0,00014 mm³/kg.m. Untuk nilai keausan maka dapat disimpulkan hasil dengan nilai keausan terendah sebesar 0,0000676 mm³/kg.m.

BAB V

PENUTUP

A. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan pada mata pisau mesin pencacah dapat disimpulkan bahwa pada proses carburising menggunakan serbuk arang batok kelapa, hardening pada suhu 875°C dan tempering pada suhu 450°C pada media pendingin air garam, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari grafik uji kekerasan *carburising* didapatkan nilai kekerasan 231.0 kg/mm^2 , nilai kekerasan carburizing, hardening dan *tempering* adalah 262.4 kg/mm^2 , dan nilai kekerasan carburizing dan hardening adalah 599.7 kg/mm^2 . Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa *carburising* dan hardening memiliki nilai kekerasan yang paling tinggi.
2. Dari grafik pengujian keausan *carburising* dan hardening terhadap nilai keausan sebesar $0,0000767 \text{ mm}^3/\text{kg.m}$ serta untuk *carburising* memiliki nilai keausan sebesar $0,00010 \text{ mm}^3/\text{kg.m}$ dan pada *carburising*, hardening dan *tempering* memiliki nilai keausan sebesar $0,00014 \text{ mm}^3/\text{kg.m}$. dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa carburising dan hardening memiliki nilai keausan yang paling rendah.

B. SARAN

Dari hasil penelitian ini perlu dilakukan pengembangan, karena masih ada kekurangan yang harus diperbaiki supaya hasilnya bisa lebih baik lagi sebagai berikut :

1. Pada proses *heat treatment* bertingkat dengan variasi *carburising* menggunakan serbuk arang batok kelapa, hardening pada suhu 875°C dan tempering pada suhu 450°C kemudian ditahan dengan waktu penahanan selama 45 menit dan didinginkan menggunakan air garam perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.
2. Pada ukuran spesimen disesuaikan dengan standar pengujian dan untuk waktu lama penahanan harus diperhatikan.
3. Pada saat pencelupan sebaiknya apabila tungku *heat treatment* sudah dibuka spesimen langsung diambil dan dicelupkan kependingin karena suhu ruang akan sangat cepat berubah.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiyah, R., Hendrawan, A., & Struktur mikro, K. K. (2014). *PENGARUH PERBEDAAN MEDIA PENDINGIN TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN PEGAS DAUN DALAM PROSES HARDENING*. 6(2), 88-95.
- Budi, E (2011) Tinjauan Proses Pembentukan dan Penggunaan Arang Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Bakar Bahan Komponen Kandungan Sifat termal. *Jurnal Penelitian Sains*, 14(C), 25-29.
- Dengan,H., Mesin, M., & Keausan, U.J.I (2018). *ANALISA UJI KEAUSAN MATERIAL ST 37 HASIL CARBURISING DAN HARDENING DENGAN*. April, 0-5.
- Fatchurrozy, A., Sidiq, M. F., & Samyono, D. (2019). *Pengaruh Proses Carburising Dengan Serbuk Tulang Sapi Terhadap Kekuatan Mekanik Baja ST 37 Pada Baut E-Bolt*. 10 (1), 1-10.
- Handoyo, Y. (2015). *PENGARUH QUENCHING DAN TEMPERING PADA BAJA JIS GRADE S45C*. 3 (2), 102-115.
- Luthfianto, S., Suprayogi, Z. A.). *Pengaruh Variasi Media Quenching Terhadap Sifat Mekanis Rantai Elevator Fruit Kelapa Sawit*. JST (*Jurnal Sains Dan Teknologi*), 6 (1), 0-9. <https://doi.org/10.23887/jst-41>.
- Mechanical, J., Teknik, J., Fakultas, M., Universitas, T., & Kunci, K. (2016). *Proses Pack Carburising Dengan Media Carburizer Alternatif Serbuk Arang Tongkol Jagung Dan Serbuk Cangkang Karang Mutiara*. 7 (September), 36-41.
- Nofri, M., Taryana, A., Studi, P., Mesin, T., & Selatan, J. (2017). *Analisa sifat mekanik baja skd dengan baja ST 41 dilakukan hardening dengan variasi temperatur*. 13, 189-199.
- Scharfstein, M., & Gaurf. (2013). No Title. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53 (9), 1689-1699. <https://doi.org/10.1017/CBO97811107415324.004>.
- Teknik, P., & Ft, M. (n.d). *ANALISA SIFAT-SIFAT BAJA HARDENING YANG DIGUNAKAN DALAM INDUSTRI OTOMOTIF*. 10-24.

Wahyudi, D. E., Rahmalina, D., Sukma, H., & Pendahuluan, I (2018). *PENGARUH BEBAN TERHADAP LAJU KEAUSAN PADA MATERIAL*. 212-218.

Widiyarta, I. M., & Sucipta, M. (2018). Kekerasan Baja Karbon Sedang Dengan Variasi Suhu Permukaan Material. 4 (2), 43-48.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran Perhitungan Kekerasan

1. Perhitungan Uji Kekerasan *Vickers* Variasi Carburising

Keterangan :

$$VHN = \frac{1,854 \times P}{D^2}$$

VHN = *Vickers Hardness Number* (kg/mm²)

P = Beban yang diberikan (kgf)

D² = Panjang diagonal rata-rata (mm), dengan d rata-rata = $\frac{d_1 + d_2}{2}$

Pengelolaan data dari kekerasan *vickers* pada baja ST 41 Variasi Carburising

Diketahui :

P = 40 kgf

$$D \text{ rata-rata} = \frac{0.57 + 0.56}{2} = 0.565 \text{ mm}$$

$$\text{Kekerasan} = \frac{1.854 \times 40}{(d^2)}$$

$$\text{Kekerasan} = \frac{1.854 \times 40}{(0.565^2)}$$

$$= 232,3 \text{ kg/mm}^2 \text{ (titik uji 1)}$$

$$D \text{ rata-rata} = \frac{0.57 + 0.57}{2} = 0.57 \text{ mm}$$

$$\text{Kekerasan} = \frac{1.854 \times 40}{(d^2)}$$

$$\text{Kekerasan} = \frac{1.854 \times 40}{(0.57^2)}$$

$$= 228,3 \text{ kg/mm}^2 \text{ (titik uji 2)}$$

$$D \text{ rata-rata} = \frac{0.56+0.57}{2} = 0.565 \text{ mm}$$

$$\text{Kekerasan} = \frac{1.854 \times 40}{(d^2)}$$

$$\text{Kekerasan} = \frac{1.854 \times 40}{(0.565^2)}$$

$$= 232,3 \text{ kg/mm}^2 \text{ (titik uji 3)}$$

Perhitungan kekerasan rata-rata variasi carburising

$$\text{Nilai kekerasan rata-rata} = \frac{\text{Jumlah nilai}}{\text{Banyak data}}$$

$$= \frac{232,3 + 228,3 + 232,3}{3}$$

$$= \frac{692,9}{3}$$

$$= 231,0 \text{ kg/mm}^2 \text{ (Pengujian kekerasan carburising)}$$

2. Perhitungan Uji Kekerasan *Vickers* Variasi *Carburising* Dan Hardening

Diketahui :

$$P = 40 \text{ kgf}$$

$$D \text{ rata-rata} = \frac{0.35+0.35}{2} = 0.35 \text{ mm}$$

$$\text{Kekerasan} = \frac{1.854 \times 40}{(d^2)}$$

$$\text{Kekerasan} = \frac{1.854 \times 40}{(0.35^2)}$$

$$= 605,4 \text{ kg/mm}^2 \text{ (titik uji 1)}$$

$$D \text{ rata-rata} = \frac{0.35+0.36}{2} = 0.355 \text{ mm}$$

$$\text{Kekerasan} = \frac{1.854 \times 40}{(d^2)}$$

$$\text{Kekerasan} = \frac{1.854 \times 40}{(0.355^2)}$$

$$= 588,5 \text{ kg/mm}^2 \text{ (titik uji 2)}$$

$$D \text{ rata-rata} = \frac{0.35+0.35}{2} = 0.35 \text{ mm}$$

$$\text{Kekerasan} = \frac{1.854 \times 40}{(d^2)}$$

$$\text{Kekerasan} = \frac{1.854 \times 40}{(0.35^2)}$$

$$= 605,4 \text{ kg/mm}^2 \text{ (titik uji 3)}$$

Perhitungan kekerasan rata-rata variasi carburising dan tempering

$$\text{Nilai kekerasan rata-rata} = \frac{\text{Jumlah nilai}}{\text{Banyak data}}$$

$$= \frac{605,4 + 588,5 + 605,4}{3}$$

$$= \frac{1.799,3}{3}$$

$$= 599,7 \text{ kg/mm}^2 \text{ (Pengujian kekerasan carburising dan tempering)}$$

3. Perhitungan Uji Kekerasan *Vickers* Variasi Carburising , Hardening Dan Tempering

Diketahui :

$$P = 40 \text{ kgf}$$

$$D \text{ rata-rata} = \frac{0.53+0.53}{2} = 0.53 \text{ mm}$$

$$\text{Kekerasan} = \frac{0.854 \times 40}{(d^2)}$$

$$\begin{aligned}\text{Kekerasan} &= \frac{1.854 \times 40}{(0.53^2)} \\ &= 264,0 \text{ kg/mm}^2 \text{ (titik uji 1)}\end{aligned}$$

$$D \text{ rata-rata} = \frac{0.54+0.53}{2} = 0.535 \text{ mm}$$

$$\text{Kekerasan} = \frac{1.854 \times 40}{(d^2)}$$

$$\begin{aligned}\text{Kekerasan} &= \frac{1.854 \times 40}{(0.535^2)} \\ &= 259,1 \text{ kg/mm}^2 \text{ (titik uji 2)}\end{aligned}$$

$$D \text{ rata-rata} = \frac{0.53+0.53}{2} = 0.53 \text{ mm}$$

$$\text{Kekerasan} = \frac{0.854 \times 40}{(d^2)}$$

$$\begin{aligned}\text{Kekerasan} &= \frac{0.854 \times 40}{(0.53^2)} \\ &= 264,0 \text{ kg/mm}^2 \text{ (titik uji 3)}\end{aligned}$$

Perhitungan kekerasan rata-rata variasi carburising, hardening dan tempering

$$\begin{aligned}\text{Nilai kekerasan rata-rata} &= \frac{\text{Jumlah nilai}}{\text{Banyak data}} \\ &= \frac{264,0 + 259,1 + 264,0}{3} \\ &= \frac{787,1}{3} \\ &= 262,4 \text{ kg/mm}^2 \text{ (Pengujian kekerasan carburising, hardening} \\ &\quad \text{dan tempering)}\end{aligned}$$

Lampiran Perhitungan Keausan

1. Perhitungan Uji Keausan *Ogoshi* Variasi Carburising 1

Keterangan :

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

B = Tebal *revolving disc*(mm)

b^3 = Lebar material yangterabrasi

r = Jari-jari *disc*(mm)

W_s = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Pengelolaan data dari uji keausan *ogoshi* pada baja ST 41 variasi carburising 1

Diketahui :

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

B = Tebal *revolving disc*(mm)

r = Jari-jari *disc*(mm)

b^3 = Lebar material yangterabrasi

Ditanya : W ...?

$$W = \frac{B.b^3}{12.r}$$

$$= \frac{3,45.0,64^3}{12.13,6}$$

$$= \frac{0,9043968}{163,2}$$

$$= 0,00562 \text{ mm}^3$$

Diketahui :

W_s = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

W = Volume material yang terabrasi (mm^3)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Ditanya : W_s ...?

$$W_s = \frac{1,5.W}{P.L_o}$$

$$= \frac{1,5.0,00562}{6,36.15}$$

$$= \frac{0,00843}{95,4}$$

$$= 0,00009 \text{ mm}^3/\text{kg.m} \text{ (Pengujian keausan carburising 1 titik uji 1)}$$

Diketahui :

W = Volume material yang terabrasi (mm^3)

B = Tebal *revolving disc* (mm)

r = Jari-jari *disc* (mm)

b^3 = Lebar material yang terabrasi

Ditanya : W ...?

$$W = \frac{B.b^3}{12.r}$$

$$= \frac{3,45.0,71^3}{12.13,6}$$

$$= \frac{1,23479}{163,2}$$

$$= 0,00770 \text{ mm}^3$$

Diketahui :

W_s = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

W = Volume material yang terabrasi (mm^3)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Ditanya : W_s ...?

$$W_s = \frac{1,5.W}{P.L_o}$$

$$= \frac{1,5.0,00770}{6,36.15}$$

$$= \frac{0,01155}{95,4}$$

$$= 0,00012 \text{ mm}^3/\text{kg.m} \text{ (Pengujian keausan carburising 1 titik uji 2)}$$

Diketahui :

W = Volume material yang terabrasi (mm^3)

B = Tebal *revolving disc* (mm)

r = Jari-jari *disc* (mm)

b^3 = Lebar material yang terabrasi

Ditanya : W...?

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{B.b^3}{12.r} \\
 &= \frac{3,45.0,69^3}{12.13,6} \\
 &= \frac{1,13336}{163,2} \\
 &= 0,00682 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

Diketahui :

W_s = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

W = Volume material yang terabrasi (mm^3)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Ditanya : W_s ...?

$$\begin{aligned}
 W_s &= \frac{1,5.W}{P.L_o} \\
 &= \frac{1,5.0,00682}{6,36.15} \\
 &= \frac{0,01023}{95,4} \\
 &= 0,00011 \text{ mm}^3/\text{kg.m} \text{ (Pengujian keausan carburising 1 titik uji 3)}
 \end{aligned}$$

Perhitungan rata-rata pengujian variasi carburising 1 baja ST 41

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai rata-rata} &= \frac{\text{Jumlah nilai}}{\text{Banyak data}} \\
 &= \frac{0,00009 + 0,00012 + 0,00011}{3} \\
 &= \frac{0,00032}{3} \\
 &= 0,00011 \text{ mm}^3/\text{kg.m (Pengujian keausan rata-rata} \\
 &\quad \text{carburising 1)}
 \end{aligned}$$

Pengelolaan data dari uji keausan *ogoshi* pada baja ST 41 variasi carburising 2

Diketahui :

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

B = Tebal *revolving disc*(mm)

r = Jari-jari *disc*(mm)

b^3 = Lebar material yangterabrasi

Ditanya : W ...?

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{B.b^3}{12.r} \\
 &= \frac{3,45.0,69^3}{12.13,6} \\
 &= \frac{1,13336}{163,2} \\
 &= 0,00682 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

Diketahui :

W_s = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Ditanya : W_s ...?

$$W_s = \frac{1,5.w}{P.L_o}$$

$$= \frac{1,5.0,00682}{6,36.15}$$

$$= \frac{0,01023}{95,4}$$

$$= 0,00011 \text{ mm}^3/\text{kg.m (Pengujian keausan carburising 2 titik uji 1)}$$

Diketahui :

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

B = Tebal *revolving disc*(mm)

r = Jari-jari *disc*(mm)

b^3 = Lebar material yangterabrasi

Ditanya : W ...?

$$W = \frac{B.b^3}{12.r}$$

$$= \frac{3,45.0,67^3}{12.13,6}$$

$$= \frac{1,0376}{163,2}$$

$$= 0,00640 \text{ mm}^3$$

Diketahui :

W_s = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

W = Volume material yang terabrasi (mm^3)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Ditanya : W_s ...?

$$W_s = \frac{1,5 \cdot W}{P \cdot L_o}$$

$$= \frac{1,5 \cdot 0,00640}{6,36 \cdot 15}$$

$$= \frac{0,0096}{95,4}$$

$$= 0,00010 \text{ mm}^3/\text{kg.m} \text{ (Pengujian keausan carburising 2 titik uji 2)}$$

Diketahui :

W = Volume material yang terabrasi (mm^3)

B = Tebal *revolving disc* (mm)

r = Jari-jari *disc* (mm)

b^3 = Lebar material yang terabrasi

Ditanya : W ...?

$$W = \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r}$$

$$= \frac{3,45.0,60^3}{12.13,6}$$

$$= \frac{0,7452}{163,2}$$

$$= 0,00457 \text{ mm}^3$$

Diketahui :

W_s = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

W = Volume material yang terabrasi (mm^3)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Ditanya : W_s ...?

$$W_s = \frac{1,5.W}{P.L_o}$$

$$= \frac{1,5.0,00457}{6,36.15}$$

$$= \frac{0,006855}{95,4}$$

$$= 0,00007 \text{ mm}^3/\text{kg.m} \text{ (Pengujian keausan carburising 2 titik uji 3)}$$

Perhitungan rata-rata pengujian variasi carburising 1 baja ST 41

$$\text{Nilai rata-rata} = \frac{\text{Jumlah nilai}}{\text{Banyak data}}$$

$$= \frac{0,00011 + 0,00010 + 0,00007}{3}$$

$$= \frac{0,00028}{3}$$

$$= 0,00009 \text{ mm}^3/\text{kg.m (Pengujian keausan rata-rata carburising 2)}$$

Pengelolaan data dari uji keausan *ogoshi* pada baja ST 41 variasi carburising 3

Diketahui :

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

B = Tebal *revolving disc*(mm)

r = Jari-jari *disc*(mm)

b^3 = Lebar material yangterabrasi

Ditanya : W ...?

$$\begin{aligned} W &= \frac{B.b^3}{12.r} \\ &= \frac{3,45.0,71^3}{12.13,6} \\ &= \frac{1,23479}{163,2} \\ &= 0,00770 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Diketahui :

W_s = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Ditanya : W_s ...?

$$W_s = \frac{1,5 \cdot w}{P \cdot L_o}$$

$$= \frac{1,5 \cdot 0,00770}{6,36 \cdot 15}$$

$$= \frac{0,01155}{95,4}$$

$$= 0,00012 \text{ mm}^3/\text{kg.m (Pengujian keausan carburising 3 titik uji 1)}$$

Diketahui :

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

B = Tebal *revolving disc*(mm)

r = Jari-jari *disc*(mm)

b^3 = Lebar material yangterabrasi

Ditanya : W ...?

$$W = \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r}$$

$$= \frac{3,45 \cdot 0,69^3}{12 \cdot 13,6}$$

$$= \frac{1,13336}{163,2}$$

$$= 0,00682 \text{ mm}^3$$

Diketahui :

W_s = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Ditanya : W_s ...?

$$W_s = \frac{1,5.w}{P.L_o}$$

$$= \frac{1,5.0,00682}{6,36.15}$$

$$= \frac{0,01023}{95,4}$$

$$= 0,00011 \text{ mm}^3/\text{kg.m} \text{ (Pengujian keausan carburising 3 titik uji 2)}$$

Diketahui :

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

B = Tebal *revolving disc*(mm)

r = Jari-jari *disc*(mm)

b^3 = Lebar material yangterabrasi

Ditanya : W ...?

$$W = \frac{B.b^3}{12.r}$$

$$= \frac{3,45.0,67^3}{12.13,6}$$

$$= \frac{1,0376}{163,2}$$

$$= 0,00640 \text{ mm}^3$$

Diketahui :

W_s = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

W = Volume material yang terabrasi (mm^3)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Ditanya : W_s ...?

$$W_s = \frac{1,5.W}{P.L_o}$$

$$= \frac{1,5.0,00640}{6,36.15}$$

$$= \frac{0,0096}{95,4}$$

$$= 0,00010 \text{ mm}^3/\text{kg.m} \text{ (Pengujian keausan carburising 3 titik uji 3)}$$

Perhitungan rata-rata pengujian variasi carburising 1 baja ST 41

$$\text{Nilai rata-rata} = \frac{\text{Jumlah nilai}}{\text{Banyak data}}$$

$$= \frac{0,00012 + 0,00011 + 0,00010}{3}$$

$$= \frac{0,00033}{3}$$

$$= 0,00011 \text{ mm}^3/\text{kg.m (Pengujian keausan rata-rata carburising 3)}$$

Perhitungan rata-rata pengujian variasi carburising 1, 2 dan 3 baja ST 41

$$\begin{aligned} \text{Nilai rata-rata} &= \frac{\text{Jumlah nilai}}{\text{Banyak data}} \\ &= \frac{0,00011 + 0,00009 + 0,00011}{3} \\ &= \frac{0,00031}{3} \\ &= 0,00010 \text{ mm}^3/\text{kg.m (Pengujian keausan rata-rata carburising 1, 2 dan 3)} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Uji Keausan *Ogoshi* Variasi Carburising Dan Hardening 1

Keterangan :

W= Volume material yangterabrasi (mm^3)

B= Tebal *revolving disc*(mm)

b^3 = Lebar material yangterabrasi

r = Jari-jari *disc*(mm)

Ws = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Pengelolaan data dari uji keausan *ogoshi* pada baja ST 41 variasi carburising dan hardening 1

Diketahui :

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

B = Tebal *revolving disc*(mm)

r = Jari-jari *disc*(mm)

b^3 = Lebar material yangterabrasi

Ditanya : W ...?

$$\begin{aligned} W &= \frac{B.b^3}{12.r} \\ &= \frac{3,45.0,64^3}{12.13,6} \\ &= \frac{0,9043968}{163,2} \\ &= 0,00562 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Diketahui :

W_s = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Ditanya : W_s ...?

$$W_s = \frac{1,5.w}{P.L_o}$$

$$= \frac{1,5.0,00562}{6,36.15}$$

$$= \frac{0,00843}{95,4}$$

$$= 0,00009 \text{ mm}^3/\text{kg.m} \text{ (Pengujian keausan carburising dan hardening 1 titik uji 1)}$$

Diketahui :

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

B = Tebal *revolving disc*(mm)

r = Jari-jari *disc*(mm)

b^3 = Lebar material yangterabrasi

Ditanya : W ...?

$$W = \frac{B.b^3}{12.r}$$

$$= \frac{3,45.0,60^3}{12.13,6}$$

$$= \frac{0,7452}{163,2}$$

$$= 0,00457 \text{ mm}^3$$

Diketahui :

W_s = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Ditanya : W_s ...?

$$W_s = \frac{1,5.w}{P.L_o}$$

$$= \frac{1,5.0,00457}{6,36.15}$$

$$= \frac{0,006855}{95,4}$$

$$= 0,00007 \text{ mm}^3/\text{kg.m (Pengujian keausan carburising dan hardening}$$

1 titik uji 2)

Diketahui :

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

B = Tebal *revolving disc*(mm)

r = Jari-jari *disc*(mm)

b^3 = Lebar material yangterabrasi

Ditanya : W ...?

$$W = \frac{B.b^3}{12.r}$$

$$= \frac{3,45.0,63^3}{12.13,6}$$

$$= \frac{0,86266}{163,2}$$

$$= 0,00525 \text{ mm}^3$$

Diketahui :

W_s = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

W = Volume material yang terabrasi (mm^3)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Ditanya : W_s ...?

$$W_s = \frac{1,5.W}{P.L_o}$$

$$= \frac{1,5.0,00525}{6,36.15}$$

$$= \frac{0,007875}{95,4}$$

$$= 0,00008 \text{ mm}^3/\text{kg.m} \text{ (Pengujian keausan carburising dan hardening}$$

1 titik uji 3)

Perhitungan rata-rata pengujian variasi carburising dan hardening 1 baja ST 41

$$\text{Nilai rata-rata} = \frac{\text{Jumlah nilai}}{\text{Banyak data}}$$

$$= \frac{0,00009 + 0,00007 + 0,00008}{3}$$

$$= \frac{0,00024}{3}$$

$$= 0,00008 \text{ mm}^3/\text{kg.m (Pengujian keausan rata-rata}$$

$$\text{carburising dan hardening 1)}$$

Pengelolaan data dari uji keausan *ogoshi* pada baja ST 41 variasi carburising dan hardening 2

Diketahui :

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

B = Tebal *revolving disc*(mm)

r = Jari-jari *disc*(mm)

b^3 = Lebar material yangterabrasi

Ditanya : W ...?

$$W = \frac{B.b^3}{12.r}$$

$$= \frac{3,45.0,57^3}{12.13,6}$$

$$= \frac{0,63891585}{163,2}$$

$$= 0,00394 \text{ mm}^3$$

Diketahui :

W_s = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Ditanya : W_s ...?

$$W_s = \frac{1,5.w}{P.L_o}$$

$$= \frac{1,5.0,00394}{6,36.15}$$

$$= \frac{0,00591}{95,4}$$

= 0,00006 mm³/kg.m (Pengujian keausan carburising dan hardening

2 titik uji 1)

Diketahui :

W = Volume material yangterabrasi (mm³)

B = Tebal *revolving disc*(mm)

r = Jari-jari *disc*(mm)

b^3 = Lebar material yangterabrasi

Ditanya : W ...?

$$W = \frac{B.b^3}{12.r}$$

$$= \frac{3,45.0,64^3}{12.13,6}$$

$$= \frac{0,9043968}{163,2}$$

$$= 0,00562 \text{ mm}^3$$

Diketahui :

W_s = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Ditanya : W_s ...?

$$W_s = \frac{1,5.w}{P.L_o}$$

$$= \frac{1,5.0,00562}{6,36.15}$$

$$= \frac{0,00843}{95,4}$$

$$= 0,00009 \text{ mm}^3/\text{kg.m} \text{ (Pengujian keausan carburising dan hardening}$$

2 titik uji 2)

Diketahui :

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

B = Tebal *revolving disc*(mm)

r = Jari-jari *disc*(mm)

b^3 = Lebar material yangterabrasi

Ditanya : W ...?

$$W = \frac{B.b^3}{12.r}$$

$$= \frac{3,45.0,57^3}{12.13,6}$$

$$= \frac{0,63891585}{163,2}$$

$$= 0,00394 \text{ mm}^3$$

Diketahui :

W_s = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

W = Volume material yang terabrasi (mm^3)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Ditanya : W_s ...?

$$W_s = \frac{1,5.W}{P.L_o}$$

$$= \frac{1,5.0,00394}{6,36.15}$$

$$= \frac{0,00591}{95,4}$$

$$= 0,00006 \text{ mm}^3/\text{kg.m} \text{ (Pengujian keausan carburising dan hardening 2 titik uji 3)}$$

Perhitungan rata-rata pengujian variasi carburising dan hardening 2 baja ST 41

$$\text{Nilai rata-rata} = \frac{\text{Jumlah nilai}}{\text{Banyak data}}$$

$$= \frac{0,00006 + 0,00009 + 0,00006}{3}$$

$$= \frac{0,00021}{3}$$

$$= 0,00007 \text{ mm}^3/\text{kg.m (Pengujian keausan rata-rata carburising dan hardening 2)}$$

Pengelolaan data dari uji keausan *ogoshi* pada baja ST 41 variasi carburising dan hardening 3

Diketahui :

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

B = Tebal *revolving disc*(mm)

r = Jari-jari *disc*(mm)

b^3 = Lebar material yangterabrasi

Ditanya : W ...?

$$W = \frac{B.b^3}{12.r}$$

$$= \frac{3,45.0,64^3}{12.13,6}$$

$$= \frac{0,9043968}{163,2}$$

$$= 0,00562 \text{ mm}^3$$

Diketahui :

W_s = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Ditanya : W_s ...?

$$W_s = \frac{1,5 \cdot w}{P \cdot L_o}$$

$$= \frac{1,5 \cdot 0,00562}{6,36 \cdot 15}$$

$$= \frac{0,00843}{95,4}$$

$$= 0,00009 \text{ mm}^3/\text{kg.m (Pengujian keausan carburising dan hardening}$$

3 titik uji 1)

Diketahui :

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

B= Tebal *revolving disc*(mm)

r= Jari-jari *disc*(mm)

b^3 = Lebar material yangterabrasi

Ditanya : W...?

$$W = \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r}$$

$$= \frac{3,45 \cdot 0,64^3}{12 \cdot 13,6}$$

$$= \frac{0,9043968}{163,2}$$

$$= 0,00562 \text{ mm}^3$$

Diketahui :

W_s = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

W = Volume material yang terabrasi (mm^3)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Ditanya : W_s ...?

$$W_s = \frac{1,5 \cdot W}{P \cdot L_o}$$

$$= \frac{1,5 \cdot 0,00562}{6,36 \cdot 15}$$

$$= \frac{0,00843}{95,4}$$

$$= 0,00009 \text{ mm}^3/\text{kg.m} \text{ (Pengujian keausan carburising dan hardening 3 titik uji 2)}$$

Diketahui :

W = Volume material yang terabrasi (mm^3)

B = Tebal *revolving disc* (mm)

r = Jari-jari *disc* (mm)

b^3 = Lebar material yang terabrasi

Ditanya : W ...?

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{B.b^3}{12.r} \\
 &= \frac{3,45.0,60^3}{12.13,6} \\
 &= \frac{0,7452}{163,2} \\
 &= 0,00457 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

Diketahui :

W_s = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

W = Volume material yang terabrasi (mm^3)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Ditanya : W_s ...?

$$\begin{aligned}
 W_s &= \frac{1,5.W}{P.L_o} \\
 &= \frac{1,5.0,00457}{6,36.15} \\
 &= \frac{0,006855}{95,4} \\
 &= 0,00007 \text{ mm}^3/\text{kg.m} \text{ (Pengujian keausan carburising dan hardening} \\
 &\quad \text{3 titik uji 3)}
 \end{aligned}$$

Perhitungan rata-rata pengujian variasi carburising dan hardening 3 baja ST 41

$$\text{Nilai rata-rata} = \frac{\text{Jumlah nilai}}{\text{Banyak data}}$$

$$= \frac{0,00009 + 0,00009 + 0,00007}{3}$$

$$= \frac{0,00025}{3}$$

$$= 0,00008 \text{ mm}^3/\text{kg.m (Pengujian keausan rata-rata carburising dan hardening 3)}$$

Perhitungan rata-rata pengujian variasi carburising dan hardening 1, 2 dan 3
baja ST 41

$$\text{Nilai rata-rata} = \frac{\text{Jumlah nilai}}{\text{Banyak data}}$$

$$= \frac{0,00008 + 0,00007 + 0,00008}{3}$$

$$= \frac{0,00023}{3}$$

$$= 0,0000767 \text{ mm}^3/\text{kg.m (Pengujian keausan rata-rata carburising dan hardening 1, 2 dan 3)}$$

3. Perhitungan Uji Keausan *Ogoshi* Variasi Carburising, Hardening Dan Tempering 1

Keterangan :

W= Volume material yangterabrasi (mm^3)

B= Tebal *revolving disc*(mm)

b^3 = Lebar material yangterabrasi

r = Jari-jari *disc*(mm)

Ws = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Pengelolaan data dari uji keausan *ogoshi* pada baja ST 41 variasi carburising, hardening dan tempering 1

Diketahui :

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

B = Tebal *revolving disc*(mm)

r = Jari-jari *disc*(mm)

b^3 = Lebar material yangterabrasi

Ditanya : W ...?

$$\begin{aligned} W &= \frac{B.b^3}{12.r} \\ &= \frac{3,45.0,83^3}{12.13,6} \\ &= \frac{1,972665}{163,2} \\ &= 0,01203 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Diketahui :

W_s = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Ditanya : W_s ...?

$$W_s = \frac{1,5 \cdot w}{P \cdot L_o}$$

$$= \frac{1,5 \cdot 0,01203}{6,36 \cdot 15}$$

$$= \frac{0,018045}{95,4}$$

$$= 0,00019 \text{ mm}^3/\text{kg.m (Pengujian keausan carburising, hardening dan tempering 1 titik uji 1)}$$

Diketahui :

W = Volume material yang terabrasi (mm^3)

B = Tebal *revolving disc* (mm)

r = Jari-jari *disc* (mm)

b^3 = Lebar material yang terabrasi

Ditanya : W ...?

$$W = \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r}$$

$$= \frac{3,45 \cdot 0,71^3}{12 \cdot 13,6}$$

$$= \frac{1,23479}{163,2}$$

$$= 0,00770 \text{ mm}^3$$

Diketahui :

W_s = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Ditanya : W_s ...?

$$W_s = \frac{1,5.w}{P.L_o}$$

$$= \frac{1,5.0,00770}{6,36.15}$$

$$= \frac{0,01155}{95,4}$$

$$= 0,00012 \text{ mm}^3/\text{kg.m} \text{ (Pengujian keausan carburising, hardening dan tempering 1 titik uji 2)}$$

Diketahui :

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

B = Tebal *revolving disc*(mm)

r = Jari-jari *disc*(mm)

b^3 = Lebar material yangterabrasi

Ditanya : W ...?

$$W = \frac{B.b^3}{12.r}$$

$$= \frac{3,45.0,69^3}{12.13,6}$$

$$= \frac{1,13336}{163,2}$$

$$= 0,00682 \text{ mm}^3$$

Diketahui :

W_s = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

W = Volume material yang terabrasi (mm^3)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Ditanya : W_s ...?

$$W_s = \frac{1,5.W}{P.L_o}$$

$$= \frac{1,5.0,00682}{6,36.15}$$

$$= \frac{0,01023}{95,4}$$

$$= 0,00011 \text{ mm}^3/\text{kg.m} \text{ (Pengujian keausan carburising, hardening dan tempering 1 titik uji 3)}$$

Perhitungan rata-rata pengujian variasi carburising, hardening dan tempering 1 baja ST 41

$$\text{Nilai rata-rata} = \frac{\text{Jumlah nilai}}{\text{Banyak data}}$$

$$= \frac{0,00019 + 0,00012 + 0,00011}{3}$$

$$= \frac{0,00042}{3}$$

$$= 0,00014 \text{ mm}^3/\text{kg.m (Pengujian keausan rata-rata}$$

$$\text{carburising, hardening dan tempering 1)}$$

Pengelolaan data dari uji keausan *ogoshi* pada baja ST 41 variasi carburising, hardening dan tempering 2

Diketahui :

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

B = Tebal *revolving disc*(mm)

r = Jari-jari *disc*(mm)

b^3 = Lebar material yangterabrasi

Ditanya : W ...?

$$W = \frac{B.b^3}{12.r}$$

$$= \frac{3,45.0,71^3}{12 .13,6}$$

$$= \frac{1,23479}{163,2}$$

$$= 0,00770 \text{ mm}^3$$

Diketahui :

W_s = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Ditanya : W_s ...?

$$W_s = \frac{1,5.w}{P.L_o}$$

$$= \frac{1,5.0,00770}{6,36.15}$$

$$= \frac{0,01155}{95,4}$$

$$= 0,00012 \text{ mm}^3/\text{kg.m} \text{ (Pengujian keausan carburising, hardening dan tempering 2 titik uji 1)}$$

Diketahui :

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

B = Tebal *revolving disc*(mm)

r = Jari-jari *disc*(mm)

b^3 = Lebar material yangterabrasi

Ditanya : W ...?

$$W = \frac{B.b^3}{12.r}$$

$$= \frac{3,45.0,69^3}{12 .13,6}$$

$$= \frac{1,13336}{163,2}$$

$$= 0,00682 \text{ mm}^3$$

Diketahui :

W_s = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Ditanya : W_s ...?

$$W_s = \frac{1,5.w}{P.L_o}$$

$$= \frac{1,5.0,00682}{6,36.15}$$

$$= \frac{0,01023}{95,4}$$

$$= 0,00011 \text{ mm}^3/\text{kg.m} \text{ (Pengujian keausan carburising, hardening dan tempering 2 titik uji 2)}$$

Diketahui :

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

B = Tebal *revolving disc*(mm)

r = Jari-jari *disc*(mm)

b^3 = Lebar material yangterabrasi

Ditanya : W ...?

$$W = \frac{B.b^3}{12.r}$$

$$= \frac{3,45.0,69^3}{12.13,6}$$

$$= \frac{1,13336}{163,2}$$

$$= 0,00682 \text{ mm}^3$$

Diketahui :

W_s = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

W = Volume material yang terabrasi (mm^3)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Ditanya : W_s ...?

$$W_s = \frac{1,5.W}{P.L_o}$$

$$= \frac{1,5.0,00682}{6,36.15}$$

$$= \frac{0,01023}{95,4}$$

$$= 0,00011 \text{ mm}^3/\text{kg.m} \text{ (Pengujian keausan carburising, hardening dan tempering 2 titik uji 3)}$$

Perhitungan rata-rata pengujian variasi carburising, hardening dan tempering 2 baja ST 41

$$\text{Nilai rata-rata} = \frac{\text{Jumlah nilai}}{\text{Banyak data}}$$

$$= \frac{0,00012 + 0,00011 + 0,00011}{3}$$

$$= \frac{0,00034}{3}$$

$$= 0,00011 \text{ mm}^3/\text{kg.m (Pengujian keausan rata-rata carburising, hardening dan tempering 2)}$$

Pengelolaan data dari uji keausan *ogoshi* pada baja ST 41 variasi carburising, hardening dan tempering 3

Diketahui :

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

B = Tebal *revolving disc*(mm)

r = Jari-jari *disc*(mm)

b^3 = Lebar material yangterabrasi

Ditanya : W ...?

$$W = \frac{B.b^3}{12.r}$$

$$= \frac{3,45.0,86^3}{12.13,6}$$

$$= \frac{0,636056}{163,2}$$

$$= 0,01331 \text{ mm}^3$$

Diketahui :

W_s = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Ditanya : W_s ...?

$$W_s = \frac{1,5.w}{P.L_o}$$

$$= \frac{1,5.0,01331}{6,36.15}$$

$$= \frac{0,019965}{95,4}$$

= 0,00021 mm³/kg.m (Pengujian keausan carburising, hardening dan tempering 3 titik uji 1)

Diketahui :

W = Volume material yangterabrasi (mm³)

B= Tebal *revolving disc*(mm)

r= Jari-jari *disc*(mm)

b³= Lebar material yangterabrasi

Ditanya : W...?

$$W = \frac{B.b^3}{12.r}$$

$$= \frac{3,45.0,83^3}{12.13,6}$$

$$= \frac{1,97266}{163,2}$$

$$= 0,01203 \text{ mm}^3$$

Diketahui :

W_s = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Ditanya : W_s ...?

$$W_s = \frac{1,5.W}{P.L_o}$$

$$= \frac{1,5.0,01203}{6,36.15}$$

$$= \frac{0,018045}{95,4}$$

$$= 0,00019 \text{ mm}^3/\text{kg.m} \text{ (Pengujian keausan carburising, hardening dan tempering 3 titik uji 2)}$$

Diketahui :

W = Volume material yangterabrasi (mm^3)

B = Tebal *revolving disc*(mm)

r = Jari-jari *disc*(mm)

b^3 = Lebar material yangterabrasi

Ditanya : W ...?

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{B.b^3}{12.r} \\
 &= \frac{3,45.0,79^3}{12.13,6} \\
 &= \frac{1,70098}{163,2} \\
 &= 0,01025 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

Diketahui :

W_s = Harga keausan spesifik ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$)

W = Volume material yang terabrasi (mm^3)

P = Beban pengujian 6,36 kg

L_o = Jarak pengausan 15 mm

Ditanya : W_s ...?

$$\begin{aligned}
 W_s &= \frac{1,5.W}{P.L_o} \\
 &= \frac{1,5.0,01025}{6,36.15} \\
 &= \frac{0,015375}{95,4} \\
 &= 0,00016 \text{ mm}^3/\text{kg.m} \text{ (Pengujian keausan carburising, hardening} \\
 &\quad \text{dan tempering 3 titik uji 3)}
 \end{aligned}$$

Perhitungan rata-rata pengujian variasi carburising, hardening dan tempering 3
baja ST 41

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai rata-rata} &= \frac{\text{Jumlah nilai}}{\text{Banyak data}} \\
 &= \frac{0,00021 + 0,00019 + 0,00016}{3} \\
 &= \frac{0,00056}{3} \\
 &= 0,00019 \text{ mm}^3/\text{kg.m (Pengujian keausan rata-rata} \\
 &\quad \text{carburising, hardening dan tempering 3)}
 \end{aligned}$$

Perhitungan rata-rata pengujian variasi carburising, hardening dan tempering 1,2 dan 3 baja ST 41

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai rata-rata} &= \frac{\text{Jumlah nilai}}{\text{Banyak data}} \\
 &= \frac{0,00014 + 0,00011 + 0,00019}{3} \\
 &= \frac{0,00044}{3} \\
 &= 0,0001467 \text{ mm}^3/\text{kg.m (Pengujian keausan rata-rata} \\
 &\quad \text{carburising, hardening dan tempering 1,2} \\
 &\quad \text{dan 3)}
 \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan rata-rata pengujian variasi carburising 1,2 dan 3, Carburising dan hardening 1,2 dan 3, dan Carburising, hardening dan tempering 1,2 dan 3 baja ST 41

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai rata-rata} &= \frac{\text{Jumlah nilai}}{\text{Banyak data}} \\
 &= \frac{0,00010 + 0,0000767 + 0,0001467}{3} \\
 &= \frac{0,0003234}{3}
 \end{aligned}$$

= 0,0001078 mm³/kg.m (Pengujian keausan rata-rata carburising 1,2 dan 3, Carburising dan hardening 1,2 dan 3, dan Carburising, hardening dan tempering 1,2 dan 3)

Lampiran Gambar

Tabel Hasil Uji Raw Material Kekerasan Brinell

No.	Kode Sampel uji	Parameter uji	Hasil uji		Satuan	Keterangan
			Daerah Uji	Nilai Kekerasan		
1.	01,0	Kekerasan	Titik 1	118	HB	Beban penekanan F = 1840 n -Waktu penekanan 15 detik -Indentor Ø 2,5 mm - Raw Material
			Titik 2	113		
			Titik 3	113		
			Rata-rata	114,67		

Media pedingin	Titik Uji	Tebal Disc (B:mm)	Jari-jari Disc (r: mm)	Panjang Wear (b:mm)	Volume tergores (w:mm ³)	Keausan (Ws: mm ³ /Kg.m)	Keausan rata-rata(Ws:mm ³ /k g.m)
Raw Material	1	3,45	13,6	1,80	0,16912	0,00266	0,00266
	2	3,45	13,6	1,30	0,04644	0,00073	0,00073
	3	3,45	13,6	1,60	0,08659	0,00136	0,00136
Rata-rata							0,00158

Tabel Hasil Uji Raw Material Keasan Ogoshi



Gambar : Serbuk arang batok kelapa dan spesimen



Gambar : Proses *Heat Treatment*



Gambar : *Quenching* air garam



Gambar : Proses *quenching* air garam



Gambar : Alat uji kekerasan *Vickers*



Gambar : Alat untuk uji keausan dengan metode *Ogoshi*



Gambar : Alat Mesin Pencacah Sampah Organik



Gambar : Alat proses *heat treatment*



LABORATORIUM BAHAN TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS GADJAH MADA

HASIL PENGUJIAN KEKERASAN

No	Spesimen Variasi	Titik Uji	Diagonal		Kekerasan (VHN)	Kekerasan Rata-rata (VHN)
			D1	D2		
1	Carburising	1	0,57	0,56	232,3	231,0
		2	0,57	0,57	228,3	
		3	0,56	0,57	232,3	
2	Carburising dan Hardening	1	0,35	0,35	605,4	599,7
		2	0,35	0,36	588,5	
		3	0,35	0,35	605,4	
3	Carburising, Hardening dan Tempering	1	0,53	0,53	264,0	262,4
		2	0,54	0,53	259,1	
		3	0,53	0,53	264,0	

Keterangan:

1. Pengujian dilakukan tanggal 7 November 2020
2. Menggunakan metode Vickers dengan pembebanan 40 kgf



Identitas Penguji :

Nama : Mohamad Abdul Jaelani
 NPM : 6416500065
 Institusi : Teknik Mesin Universitas Pancasakti Tegal

Lembar asli, tidak untuk digandakan

LABORATORIUM BAHAN TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS GADJAH MADA

HASIL PENGUJIAN KEAUSAN

Variasi Perlakuan Panas	Titik Uji	Tebal Disc (B;mm)	Jari-jari Disc (r;mm)	Panjang Wear (b;mm)	Volume Tergores (W;mm ³)	Keausan (Ws; mm ³ /kg.m)	Keausan rata-rata (Ws; mm ³ /kg.m)
Carburising_1	1	3.45	13.6	0.64	0.00562	0.00009	0.00011
	2	3.45	13.6	0.71	0.00770	0.00012	
	3	3.45	13.6	0.69	0.00682	0.00011	
Carburising_2	1	3.45	13.6	0.69	0.00682	0.00011	0.00009
	2	3.45	13.6	0.67	0.00640	0.00010	
	3	3.45	13.6	0.60	0.00457	0.00007	
Carburising_3	1	3.45	13.6	0.71	0.00770	0.00012	0.00011
	2	3.45	13.6	0.69	0.00682	0.00011	
	3	3.45	13.6	0.67	0.00640	0.00010	
Carburising dan Hardening_1	1	3.45	13.6	0.64	0.00562	0.00009	0.00008
	2	3.45	13.6	0.60	0.00457	0.00007	
	3	3.45	13.6	0.63	0.00525	0.00008	
Carburising dan Hardening_2	1	3.45	13.6	0.57	0.00394	0.00006	0.00007
	2	3.45	13.6	0.64	0.00562	0.00009	
	3	3.45	13.6	0.57	0.00394	0.00006	
Carburising dan Hardening_3	1	3.45	13.6	0.64	0.00562	0.00009	0.00008
	2	3.45	13.6	0.64	0.00562	0.00009	
	3	3.45	13.6	0.60	0.00457	0.00007	
Carburising, Hardening dan Tempering_1	1	3.45	13.6	0.83	0.01203	0.00019	0.00014
	2	3.45	13.6	0.71	0.00770	0.00012	
	3	3.45	13.6	0.69	0.00682	0.00011	
Carburising, Hardening dan Tempering_2	1	3.45	13.6	0.71	0.00770	0.00012	0.00011
	2	3.45	13.6	0.69	0.00682	0.00011	
	3	3.45	13.6	0.69	0.00682	0.00011	
Carburising, Hardening dan Tempering_3	1	3.45	13.6	0.86	0.01331	0.00021	0.00019
	2	3.45	13.6	0.83	0.01203	0.00019	
	3	3.45	13.6	0.79	0.01025	0.00016	

Keterangan:

1. Pengujian dilakukan tanggal 7 November 2020
2. Pengujian menggunakan universal wear
3. Jarak pengausan 15 m, Beban pengujian 636 N

Identitas Penguji :

Nama : Mohamad Abdul Jaelani

NPM : 6416500065

Institusi : Teknik Mesin Universitas Pancasakti Tegal





DINAS PERINDUSTRIAN DAN TENAGA KERJA
KABUPATEN TEGAL

UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN

Komplek LIK Takaru Jl. Raya Dampyak KM 4 Tegal Telp/Fax : (0283) 357437
Email : labperintgl@gmail.com website : lab.disperinnaker.tegalkab.go.id



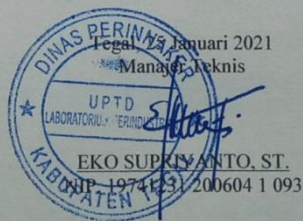
LAPORAN UJI KOMPOSISI KIMIA

Laporan No. : 01/2021.34/S/08.1 Benda Uji : Sesuai ASTM E 415 - 15
Pemakai Jasa : 1. M. ABDUL JAELANI Objek uji : Baja ST 41 (Carburizing,
2. HENDRA PRASETYO Hardening, dan Tempering)
Alamat : Universitas Pancasakti Tegal Metode Uji : ASTM E 415 - 15
Suhu : 23 °C Mesin Uji : Spectrotest TXC03
Tgl. Terima : 22 Januari 2021 Jml. Specimen : 1 Pc
Tgl. Pengujian : 22 Januari 2021 Halaman : 1 dari 2

HASIL UJI :

Unsur	Chemical Composition (%)		Test Result (%)
	n ₁	n ₂	
C	0,27	0,31	0,29
Si	0,26	0,27	0,26
Mn	0,33	0,34	0,33
P	0,03	0,06	0,04
S	0,02	0,03	0,02
Cr	0,31	0,32	0,31
Mo	0,01	0,02	0,01
Ni*)	0,05	0,05	0,05
Cu	0,04	0,04	0,04
Fe	98,4	98,3	98,4

*) Tidak termasuk dalam Lingkup.



PERHATIAN :
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji
2. Tidak diperkenankan menggunakan laporan pengujian ini kecuali seluruhnya tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Disperinnaker Kab. Tegal Kabupaten Tegal



DINAS PERINDUSTRIAN DAN TENAGA KERJA
KABUPATEN TEGAL
UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN

Komplek LIK Takaru Jl. Raya Dampyak KM 4 Tegal Telp/Fax : (0283) 357437
Email : labperintgl@gmail.com website : lab.disperinnaker.tegalkab.go.id



LAPORAN UJI KOMPOSISI KIMIA

Laporan No.	: 01/2021.34/S/08.2	Benda Uji	: Sesuai ASTM E 415 - 15
Pemakai Jasa	: 1. M. ABDUL JAELANI	Objek uji	: Baja ST 41 (Carburizing dan Hardening)
	2. HENDRA PRASETYO		
Alamat	: Universitas Pancasakti Tegal	Metode Uji	: ASTM E 415 - 15
Suhu	: 23 °C	Mesin Uji	: Spectrotest TXC03
Tgl. Terima	: 22 Januari 2021	Jml. Specimen	: 1 Pc
Tgl. Pengujian	: 22 Januari 2021	Halaman	: 1 dari 2

HASIL UJI :

Unsur	Chemical Composition (%)		Test Result (%)
	n ₁	n ₂	
C	0,28	0,34	0,32
Si	0,27	0,30	0,28
Mn	0,34	0,34	0,34
P	0,06	0,06	0,06
S	0,02	0,03	0,03
Cr	0,03	0,03	0,03
Mo	0,01	0,01	0,01
Ni*)	0,04	0,05	0,05
Cu	0,04	0,04	0,04
Fe	98,3	98,2	98,2

*) Tidak termasuk dalam Lingkup.

Tegal, 25 Januari 2021
Manajer Teknis
UPTD
LABORATORIUM PERINDUSTRIAN
EKO SUPREMANTO, ST.
NIP.19741231 200604 1 093

PERHATIAN :
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji
2. Tidak diperkenankan menggunakan laporan pengujian ini kecuali seluruhnya tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Disperinnaker Kab. Tegal Kabupaten



DINAS PERINDUSTRIAN DAN TENAGA KERJA
KABUPATEN TEGAL
UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN
Komplek LIK Takaru Jl. Raya Dampyak KM 4 Tegal Telp/Fax : (0283) 357437
Email : labperintgl@gmail.com website : lab.disperinnaker.tegalkab.go.id



LAPORAN UJI KOMPOSISI KIMIA

Laporan No. : 01/2021.34/S/08.3 Benda Uji : Sesuai ASTM E 415 - 15
Pemakai Jasa : 1. M. ABDUL JAELENI Objek uji : **Baja ST 41 (Carburizing)**
2. HENDRA PRASETYO
Alamat : Universitas Pancasakti Tegal Metode Uji : ASTM E 415 - 15
Suhu : 23 °C Mesin Uji : Spectrotest TXC03
Tgl. Terima : 22 Januari 2021 Jml. Specimen : 1 Pc
Tgl. Pengujian : 22 Januari 2021 Halaman : 1 dari 2

HASIL UJI :

Unsur	Chemical Composition (%)		Test Result (%)
	n ₁	n ₂	
C	0,33	0,44	0,39
Si	0,27	0,28	0,28
Mn	0,34	0,33	0,33
P	0,10	0,09	0,09
S	0,03	0,05	0,04
Cr	0,31	0,28	0,30
Mo	0,02	0,02	0,02
Ni*)	0,06	0,05	0,06
Cu	0,04	0,04	0,04
Fe	98,0	97,9	98,0

*) Tidak termasuk dalam Lingkup.

Tegal, 25 Januari 2021
Manajer Teknis

EKO SUPRIYANTO, ST.
NIP. 197412212006041 093

PERHATIAN :
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji
2. Tidak diperkenankan menggunakan laporan pengujian ini kecuali seluruhnya tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Disperinnaker Kab. Tegal Kabupaten Tegal

DAFTAR BIMBINGAN TA/SKRIPSI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL

Nama : MOHAMAD ABDUL JALANI

NPM : 6416500065

No.	Hari/Tanggal	Cacatan/Uraian	Paraf
1.	23 Juli 2020	- mskir Silikon Kendal - jir ketan di ubah	fr.
2.	30 Juli 2020	Ket ketan Berhyk	fr.
3.	19 Aug 2020	Lipit Bolo II & Suku	fr.
4.	29. Agt 2020	Me gopro.	fr.
5.	25 Nov 2020	Kurir papiu cek whiz	fr.
6.	4 Jan 2021	Kas mekanik busuk	fr.
7.	12 Jan 2021	tbl pdhhyon kelan perbaiki	fr.
8.	12 Jan 2021	Demetri alor	fr.
9.	13 Jan 2021	Me Galy.	fr.
10.			
11.			
12.			

Pembimbing I,

NIP/Y. 1979.0808.2005.011001

DAFTAR BIMBINGAN TA/SKRIPSI

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL

Nama : MOHAMAD ABDUL JALANI

NPM : 6416506065

No.	Hari/Tanggal	Cacatan/Uraian	Paraf
1.	30/7-2020	- Rumus diperbaiki. - rapihkan penulisan	
2.	18/8-2020	- kata asing cetak miring ✓ - sistematika penulisan diperbaiki ✓ - flow chart + tabel dirapikan ✓ - judul & blok ✓	
3.	29/10-2020	Bab III ok. Graph ppt sempro	
4.	9/12-2020	- perbaikan tinjauan pustaka - grafik batang diganti grafik Line	
5.	16/12-2020	- diberi gambar alat uji kekerasan - diberi gambar alat uji keausan	
6.	17/12-2020	Diagram fasa Fe-C diperbaiki di bagian penjelasan	
7.	4/1-2021	- pindah grafik Diagram Fe-C - pindah grafik hasil suhu tetap - sumber gbr alat	
8.	5/1-2021	- lengkapi lampiran	
9.	12/1-2021	Buat abstrak, daftar isi, daftar tabel, daftar gbr, daftar simbol, lengkapi lampiran → bikin ppt	
10.	14/1-2021	lap angket	
11.			
12.			

Pembimbing II

Calvin

NIP/Y. 16262561981



YAYASAN PENDIDIKAN PANCASAKTI TEGAL
UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL
UPT INOVASI DAN PUBLIKASI ILMIAH

JL. Halmahera Km. 1 – Tegal 52122
 Sekretariat: Telp./ Fax. (0283) 351082 / Rektor: Telp./Fax. (0283) 351267
 e-mail: ipi@upstegal.ac.id website: www.upstegal.ac.id

Nomor : 006.u/K/A-2/IPI-UPS/II/2021

21 Februari 2021

Lampiran : -

Perihal : **HASIL SCAN SIMILARITY**

Kepada,

Yth. Mohamad Abdul Jaelani

Dalam rangka pencegahan kasus plagiasi dalam penyusunan karya ilmiah dosen dan mahasiswa di lingkungan Universitas Pancasakti Tegal, maka saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mohamad Abdul Jaelani

Jenis karya : SKRIPSI

Judul : ANALISA MATA PISAU MESIN PENCACAH SAMPAH ORGANIK
 MENGGUNAKAN BAHAN BAJA KARBON ST 41 DENGAN PROSES HEAT TREATMENT
 BERTINGKAT

Dengan ini menyatakan bahwa SKRIPSI dengan judul : **ANALISA MATA PISAU MESIN PENCACAH SAMPAH ORGANIK MENGGUNAKAN BAHAN BAJA KARBON ST 41 DENGAN PROSES HEAT TREATMENT BERTINGKAT** telah dicek kesamaan (similarity) menggunakan Turnitin dengan hasil kesamaan sebesar **30%**. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap kode etik publikasi dalam karya saya ini

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Pemeriksa,
 Kepala UPT. Inovasi dan Publikasi Ilmiah
 Universitas Pancasakti Tegal



Ani Zamudin, S.I.P. MA
 NIPY 20964101988

Tegal, 22 Februari 2021
 Yang menyatakan,

Mohamad Abdul Jaelani